

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Circuitos BT DC e BT AC de Centrais Fotovoltaicas
- Análise, Dimensionamento e Optimização**

Ricardo Filipe Almeida Vara Domingues

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professor Doutor António Machado E Moura
Co-orientador: Engenheiro Manuel Airosa Coelho

Julho 2013

A Dissertação intitulada


**“Circuitos BT DC e BT AC de Centrais Fotovoltaicas - Análise,
Dimensionamento e Optimização”**

foi aprovada em provas realizadas em 17-07-2013

o júri


Presidente **Professor Doutor Artur Manuel de Figueiredo Fernandes e Costa**
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto


Professor Doutor José Manuel Ribeiro Baptista
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da Universidade de Trás os
Montes e Alto Douro


Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura
Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.


Autor - Ricardo Filipe Almeida Vara Domingues

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

© Ricardo Domingues, 2013

Resumo

A questão ambiental é hoje em dia um problema que afeta a população em geral. Surge assim a necessidade de contribuir para um desenvolvimento sustentável com a produção de energia através de formas limpas, tal como a energia solar.

Na presente dissertação é feita uma descrição e análise aos componentes que constituem os sistemas fotovoltaicos, tendo em especial atenção, os sistemas ligados à rede.

Foram analisados os passos necessários para proceder adequadamente ao dimensionamento deste tipo de sistemas, com especial atenção ao dimensionamento de cabos e proteções.

Tornou-se para isso necessário adquirir conhecimentos sobre os equipamentos que são utilizados bem e condições técnicas, como quedas de tensão, correntes de curto-circuito, potência de perdas.

Após a elaboração do respetivo projeto, disponibilizou-se às entidades responsáveis para análise e aprovação, com vista à implementação.

De salientar que o trabalho foi realizado com o apoio da empresa Jayme da Costa, em Pedroso, Vila Nova de Gaia.

Palavras-chave: Cabos, Fotovoltaica, Inversor, Módulos, Protecções

Abstract

Nowadays, the environmental issue is a problems that affects the general population. Thus appear the need to contribute to a sustainable development with the clean energy production like solar energy.

In this thesis a description and analysis of the components which constitute the photovoltaic systems is made, giving special attention to the systems connected to the network.

A thorough analysis of the necessary measures to proceed to the dimensioning of these types of systems was carried out, with special attention to the sizing of cables and protections.

In order to perform this assignment, it was necessary to gain knowledge about the equipments which are used in these types of systems, as well as the technical conditions, such as the calculation of tension drops, short-circuit currents, power losses, among others.

After the completion of the project, it was made available to the responsible entities so as to be analysed and approved, with a view to being implemented.

It should be made clear that this assignment was carried out with the support of the company Jayme da Costa, in Pedroso, Vila Nova de Gaia.

Keywords: Cables, Inverter, Modules, Photovoltaic , Protection

Agradecimentos

Ao meu orientador na faculdade, Professor Doutor António Machado E Moura, por ter tornado possível a realização deste trabalho junto da empresa Jayme da Costa, pela apoio prestado na supervisão do trabalho dentro e fora da faculdade.

Ao Engenheiro Pedro Marques, Diretor de Energia na Jayme da Costa, por me ter facultado a oportunidade de trabalhar na empresa.

Ao meu co-orientador na Jayme da Costa, Engenheiro Manuel Airosa Coelho, pelas indicações e sugestões dadas para a realização do trabalho.

Ao Engenheiro Ricardo Tavares na Jayme da Costa, pela colaboração dada em muitos dos pontos abordados neste trabalho.

Às pessoas que, na Jayme da Costa, foram estando presentes no meu dia-a-dia, Paulo Silva, Nuno, Amorim, Albano, Paula, Tiago e Frederico, entre outras.

A todos os meus amigos pelo apoio demonstrado.

E como não podia deixar de ser, aos meus pais que sempre me incentivaram e apoiaram no meu percurso académico.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiv
Abreviaturas e Símbolos	xv
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - Motivação	2
1.3 - Informação utilizada para a elaboração do documento	3
1.4 - Estruturação do documento.....	3
Capítulo 2	5
Conhecimentos elementares e Componentes de Sistemas Fotovoltaicos	5
2.1 - Panorama da energia fotovoltaica: Situação em Portugal.....	6
2.2 - Panorama da energia fotovoltaica: Situação Internacional	10
2.3 - Benifício e Sustentabilidade	11
2.4 - Radiação Solar	12
2.5 - Efeito fotovoltaico e células solares.....	15
2.6 - Tipo de aplicações	22
2.7 -Componentes de um Sistema fotovoltaico	24
Capítulo 3	35
Esquematização de projetos para sistemas fotovoltaicos integrados na rede	35
3.1 - Análise do local de instalação	35
3.2 - Análise aos equipamentos a usar.....	38
3.3 - Dimensionamento de cabos	42
3.4 - Dimensionamento de proteções	46
3.5 - Descargas atmosféricas	47
3.6 - Ligações à terra e equipotenciais	48
3.7 - Ligação à rede elétrica pública.....	48

Capítulo 4	51
Sistema desenvolvido: Central Fotovoltaica de 4.5MWp	51
4.1 - Lado BT	51
4.2 - Lado AT	62
4.3 - Potência de perdas por efeito de Joule.....	65
4.4 - Rede de terra.....	65
4.5 - Simulação da energia produzida pelo sistema (PVSYST)	65
Capítulo 5	69
Conclusões e Trabalhos futuros	69
5.1 - Conclusões	69
5.2 - Desenvolvimentos futuros	70
Referências	71
Anexos I.....	73
Anexos II.....	89
Anexos III	93
Anexos IV	95
Anexos V.....	99
Anexos VI.....	105
Anexos VII	109

Lista de figuras

Figura 1.1 - Sistema fotovoltaico ligado à rede, instalado no telhado de um armazem [F1].	2
Figura 1.2 - Central Fotovoltaica de Amareleja com 46MW de potência e orientação azimutal, Portugal [F2].	2
Figura 2.1 - Evolução da energia produzida através de fontes renováveis (TWh) [F13].	6
Figura 2.2 - Evolução histórica da energia elétrica produzida através de renováveis em Portugal Continental (GWh) [F13].	7
Figura 2.3 - Evolução histórica da potencia total instalada em renováveis, em Portugal Continental (MW) [F13].	7
Figura 2.4 - Record diário de produção de energia através de Sistemas Fotovoltaicos na Alemanha [F14].	10
Figura 2.5 - Irradiância fora da atmosfera, no global e directa.	12
Figura 2.6 - Distribuição global da irradiação solar em kWh/m ² [F3].	13
Figura 2.3 - Luz solar no seu percurso através da atmosfera.	13
Figura 2.8 - Representação de ângulos da posição solar [F4].	14
Figura 2.9 - Solstícios de Verão e de Inverno [F5].	15
Figura 2.10 - Estrutura de uma célula solar cristalina [F6].	16
Figura 2.11 - Curva característica Corrente-Tensão de uma célula solar de silício cristalino [F7].	17
Figura 2.12 - Circuito elétrico ideal de uma célula fotovoltaica	18
Figura 2.13 - Circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica	19
Figura 2.14 - Célula monocristalina à esquerda [F8] e célula policristalina com uma camada de anti-reflexão à direita [F8].	20
Figura 2.15 - Módulo de silício amorfo da EcoRete[F9].	21
Figura 2.16 - Exemplo de um sistema fotovoltaico autónomo [F16].	23

Figura 2.17 - Esquema de um sistema fotovoltaico ligado à rede de distribuição [F17].	24
Figura 2.18 - Exemplo de curvas Corrente-Tensão-Potência do painel Jinko Solar [F10].	25
Figura 2.19 - Esquema de funcionamento do diodo <i>bypass</i> [F11].	26
Figura 2.20 - Exemplo de um banco de bateria [F12].	28
Figura 2.21 - Exemplo de um controlador de carga [F12].	31
Figura 2.22 - Diagrama dos circuitos BT DC e BT AC e circuito MT [F18].	34
Figura 3.1 - Determinação do ângulo de elevação e o ângulo de azimuth de um objecto [F15].	36
Figura 3.2 - Exemplo de estrutura com ângulo óptimo de inclinação	37
Figura 3.3 - Espaçamentos entre filas para evitar sombreamentos [F15].	37
Figura 4.1 - Configuração para o Inversor 1.1 através do SMA Sunny Design	56
Figura 4.2 - Configuração do sistema após colocação dos painéis e inversores na área disponível.	57
Figura 4.3 - Cabo ZZ-F (AS) 6mm ²	58
Figura 4.4 - Produção mensal do sistema fotovoltaico (€)	67
Figura I.1 - Folha de cálculo do dimensionamento (1/15) de cabos de fileira	74
Figura I.2 - Folha de cálculo do dimensionamento (2/15) de cabos de fileira	75
Figura I.3 - Folha de cálculo do dimensionamento (3/15) de cabos de fileira	76
Figura I.4 - Folha de cálculo do dimensionamento (4/15) de cabos de fileira	77
Figura I.5 - Folha de cálculo do dimensionamento (5/15) de cabos de fileira	78
Figura I.6 - Folha de cálculo do dimensionamento (6/15) de cabos de fileira	79
Figura I.7 - Folha de cálculo do dimensionamento (7/15) de cabos de fileira	80
Figura I.8 - Folha de cálculo do dimensionamento (8/15) de cabos de fileira	81
Figura I.9 - Folha de cálculo do dimensionamento (9/15) de cabos de fileira	82
Figura I.10 - Folha de cálculo do dimensionamento (10/15) de cabos de fileira	83
Figura I.11 - Folha de cálculo do dimensionamento (11/15) de cabos de fileira	84
Figura I.12 - Folha de cálculo do dimensionamento (12/15) de cabos de fileira	85
Figura I.13 - Folha de cálculo do dimensionamento (13/15) de cabos de fileira	86
Figura I.14 - Folha de cálculo do dimensionamento (14/15) de cabos de fileira	87
Figura I.15 - Folha de cálculo do dimensionamento (15/15) de cabos de fileira	88
Figura II.1 - Folha de cálculo do dimensionamento (1/2) dos cabos principais BT DC	90

Figura II.2 - Folha de cálculo do dimensionamento (2/2) dos cabos principais BT DC	91
Figura III.1 - Folha de cálculo do dimensionamento dos cabos principais BT AC	94
Figura IV.1 - Folha de cálculo do dimensionamento (1/3) dos cabos MT.....	96
Figura IV.2 - Folha de cálculo do dimensionamento (2/3) dos cabos MT.....	97
Figura IV.3 - Folha de cálculo do dimensionamento (3/3) dos cabos MT.....	98
Figura V.1 - Folha de características (1/4) do sistema FV em análise.....	100
Figura V.2 - Folha de características (2/4) do sistema FV em análise.....	101
Figura V.3 - Folha de características (3/4) do sistema FV em análise.....	102
Figura V.4 - Folha de características (4/4) do sistema FV em análise.....	103
Figura VI.1 - Configuração para o Inversor 1.2 através do SMA Sunny Design.....	106
Figura VI.2 - Configuração para o Inversor 2.1 através do SMA Sunny Design.....	106
Figura VI.3 - Configuração para o Inversor 2.2 através do SMA Sunny Design.....	107
Figura VI.4 - Configuração para o Inversor 3.1 através do SMA Sunny Design.....	107
Figura VII.1 - Configuração do sistema para o Inversor 2.2.....	110
Figura VII.2 - Configuração da ligação ao transformador do Inversor 2.1 e 2.2.....	111

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Tipos de políticas de apoio postas em pratica nos diversos países.....	11
Tabela 2.2 – Comparação entre as diversas tecnologias	22
Tabela 4.1 – Informação geral sobre a Central	51
Tabela 4.2 – Informação sobre os Painéis Fotovoltaicos	52
Tabela 4.3 – Informação principal do inversor	53
Tabela 4.4 – Informação sobre as mesas de colocação de painéis	55
Tabela 4.5 – Produção estimada pelo PVSYST (kWh)	66

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

AC	Corrente Alternada (<i>Alternating Current</i>)
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CTS	Condições de testes de referência (<i>Standard Test Conditions</i>)
DC	Corrente Contínua (<i>Direct Current</i>)
DEIE	<i>Dispositif d'Echange d'Informations d'Exploitation</i>
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ENS/MSD	<i>Mains Monitoring Units with Allocated All-pole Switching Devices</i>
MPP	Ponto de máxima potência (<i>Maximum Power Point</i>)
MT	Média Tensão
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RTIEBT	Regras Técnicas Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SRM	Sistema de registo da microgeração

Lista de símbolos

$\cos \varphi$	Factor de potência
γ	Ângulo de elevação solar
β	Ângulo de inclinação do painel
κ	Condutividade elétrica do material (34 Alumínio e 56 Cobre)
a	Altura do painel fotovoltaico
d	Distância
f	Factor de utilização
h_1	Altura do sistema fotovoltaico
h_2	Altura do objecto que faz sombra
I	Corrente fornecida à carga

I_L	Corrente gerada através do efeito fotovoltaico
I_0	Corrente inversa do díodo
I_f	Corrente convencional de funcionamento do disjuntor
I_D	Corrente do díodo
I_n	Corrente nominal do fusível
I_{nf}	Corrente nominal de não fusão do fusível
I_{n_AC}	Corrente nominal AC
I_{ns}	Corrente nominal do gerador
I_Z	Corrente máxima suportada pelo cabo
$I_{CABO}^{Transportar}$	Corrente que o cabo deve ser capaz de transportar
I_{CC}^{PV}	Corrente de curto-circuito do gerador
I_{max}^{INV}	Corrente máxima DC que o inversor admite
$I_n^{Fileira}$	Corrente nominal da fileira
L_{Cabo}	Comprimento do cabo
L_{Cabo_AC}	Comprimento do cabo AC
m	Factor de idealidade do díodo (1 para baixa tensão, 2 para alta tensão)
n_{max}	Número máximo de painéis por fileira
n_{min}	Número mínimo de painéis por fileira
N	Número de fileiras do gerador
$N_{painéis}$	Número painéis a usar na central
$N_{max}^{Fileira}$	Número máximo de fileiras
$P_{Fileira}$	Potência de fileira
P_{AC}	Potência de perdas no cabo AC
P_{DC}	Potência de perdas no cabo DC
$P_{Central}$	Potência prevista para a central
P_{Painel}	Potência do painel
P_M	Potência de perdas
R	Resistência do cabo
R_{AC}	Resistência do circuito AC
R_S	Resistência série
R_P	Resistência paralelo
S_{Cabo}	Secção do cabo
S_{Cabo_AC}	Secção do cabo AC
T	Temperatura em Kelvin
U_{MPP}	Tensão para MPP
U_{ns}	Tensão nominal simples
U_{nc}	Tensão nominal composta
U_{Max}^{INV}	Tensão máxima admissível pelo inversor
$U_{OC(-10^{\circ}C)}^{Painel}$	Tensão do painel em circuito aberto para uma temperatura de -10°C

U_{OC}^{CTS}	Tensão do painel em circuito aberto para uma temperatura de referência
U_{OC}^{PV}	Tensão em circuito aberto do gerador
$U_{MPP_min}^{INV}$	Tensão mínima MPP de entrada do inversor
$U_{MPP(70^{\circ}C)}^{Painel}$	Tensão MPP do painel para uma temperatura de 70°C
$U_{MPP(CTS)}^{Painel}$	Tensão MPP do painel em condições de referência
V_t	Tensão térmica
V_0	Tensão de saída ao terminal de carga
V_D	Tensão aos terminais do diodo

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento

Um pouco por todo o Mundo têm-se encontrado esforços no sentido de encontrar alternativas aos combustíveis fósseis. Não só as sucessivas crises petrolíferas como questões ambientais ao qual a Europa é particularmente aguerrida, fizeram um alavancar ao desenvolvimento de energias através das fontes renováveis.

A energia fotovoltaica e eólica são duas das fontes renováveis que têm vindo a assumir um papel de elevada importância na geração de eletricidade. Embora o custo de geração seja superior quando comparado às formas convencionais através de combustíveis fósseis, tem-se verificado uma diminuição do custo dos módulos fotovoltaicos, assim como dos diversos equipamentos associados.

Nos painéis fotovoltaicos, através do efeito fotovoltaico, converte-se diretamente a energia solar em energia elétrica, gerando corrente contínua nos terminais, através de uma diferença de potencial. Esta forma de produção de energia elétrica tem como trunfo a sua fiabilidade, simplicidade e versatilidade.

Durante a sua utilização, a energia solar não polui. É um tipo de energia que pode facilmente ser instalado em lugares remotos ou de difícil acesso, ao mesmo tempo que pode ser instalado em zonas densamente povoadas, através da integração com os edifícios.

As instalações fotovoltaicas são assim constituídas por painéis, inversores e respetivo contador de energia. O seu dimensionamento é fundamental, sendo para isso necessário conhecer certas variáveis, como inclinação, sombras, orientação.

A optimização pode ser obtida através de seguidores solares (Figura 1.2) escolha cuidada dos componentes usados para maximizar a produção dos painéis bem como dos restantes componentes.

A versatilidade demonstrada traduz-se num tipo de sistema que tanto pode alimentar um sistema de baixa potência como criar uma central fotovoltaica de alguns MW de potência, tal como indicado na Figura 1.1 e Figura 1.2.



Figura 1.1 - Sistema fotovoltaico ligado à rede, instalado no telhado de um armazem [F1].



Figura 1.2 - Central Fotovoltaica de Amareleja com 46MW de potência e orientação azimutal, Portugal [F2].

1.2 - Motivação

O uso das energias renováveis em detrimento de combustíveis fósseis é um rumo viável, vantajoso e necessário. As alterações climáticas que a humanidade tem vindo a ser sujeita, fez com que esta fosse procurar soluções ambientalmente amigáveis.

Não menos importante são as questões económicas relacionadas com os combustíveis fósseis.

Portugal, como nação potencialmente dependente desses combustíveis importados tem feito progressos importantes na exploração dessas fontes endógenas de energia renovável.

As medidas de fomento ao fornecimento de energia renováveis são assim uma pedra angular na política energética do país.

As instalações de minigeração e grandes centrais solares tornam necessário a elaboração de projetos de engenharia para a sua realização. Isso acontece devido ao necessário estudo de dimensionamentos e impactos, bem como estudos de viabilidade de forma a determinar o sucesso económico e financeiro desse investimento.

Nesses projetos de engenharia recorre-se a *software* para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

1.3 - Informação utilizada para a elaboração do documento

Para a realização deste documento foi utilizada não só informação pública como também informação fornecida pela Jayme da Costa. Foram analisados diversos projetos desenvolvidos pela Jayme da Costa, através dos quais o conhecimento adquirido permitiu o desenvolvimento do trabalho apresentado.

1.4 - Estruturação do documento

Este documento encontra-se estruturado em 5 capítulos, onde se descreve todo o trabalho feito e consoante o tema a tratar.

No Capítulo 1 pretende-se fazer um enquadramento do tema.

No Capítulo 2 é feita uma breve análise ao panorama actual dos Sistemas Solares Fotovoltaicos, aos componentes de sistemas fotovoltaicos bem como conhecimentos elementares ao tema. Apresentam-se os fatores positivos e negativos inerentes ao sistema, bem como fatores que influenciam o dimensionamento dos sistemas, tais como sombreamentos, inclinações, orientações. São referidos também detalhes técnicos dos diversos equipamentos bem como das tecnologias existentes.

O Capítulo 3 detalha a metodologia usada na elaboração de projetos deste tipo de instalações.

O Capítulo 4 apresenta o Sistema Fotovoltaico que foi desenvolvido na empresa, no que respeita a painéis, inversores, cabos, fusíveis, etc.

Por fim, no Capítulo 5 apresentam-se as conclusões sobre o trabalho realizado.

Capítulo 2

Conhecimentos elementares e Componentes de Sistemas Fotovoltaicos

Face aos recursos fósseis, nos últimos anos os sistemas fotovoltaicos afirmaram-se no mercado da produção de energia elétrica.

A pesquisa e optimização deste tipo de tecnologia levou a que a evolução trouxesse uma redução de preços destes sistemas e colocasse este tipo de produção de energia como economicamente viável.

A previsão indica-nos que a tendência para a implementação destes sistemas é para aumentar ao longo prazo [1].

Estes sistemas têm vantagens consideráveis relativamente aos meios convencionais, tais como:

- Simplicidade - devido à inexistência de partes móveis (nos sistemas fixos)
- Elevada fiabilidade - funcionam mesmo em condições exigentes
- Reduzido custo de manutenção - praticamente inexistente em sistemas fixos
- Modularidade - facilidade no aumento da potência instalada
- Poluição sonora - não emite qualquer som
- Independência - podem funcionar como sistemas isolados
- Segurança - sistemas extremamente seguros
- Performance em altitudes elevadas - são insensíveis à altitude

Contudo, apresentam ainda algumas desvantagens, tais como:

- Investimento inicial - investimento inicial é elevado
- Recurso solar - limitado a locais com boa radiação solar
- Armazenamento - através de baterias o que aumenta os custos e complexidade
- Rendimento - possui baixo rendimento consoante o tipo de tecnologia

2.1 - Panorama da energia fotovoltaica: Situação em Portugal

Nos últimos 10 anos, o paradigma dos sistemas de produção de eletricidade através de sistemas fotovoltaicos sofreu uma evolução bastante positiva.

Essas alterações ocorreram, não só devido à existência de problemas energéticos que Portugal apresenta, mas também às decisões que a União Europeia tomou em relação às fontes de energia renováveis.

Tendo o país feito compromissos internacionais, fixaram-se metas muito ambiciosas de integração de Renováveis no mix energético nacional e apareceram grandes projetos para exploração tendo em conta as condições oferecidas pelo governo.

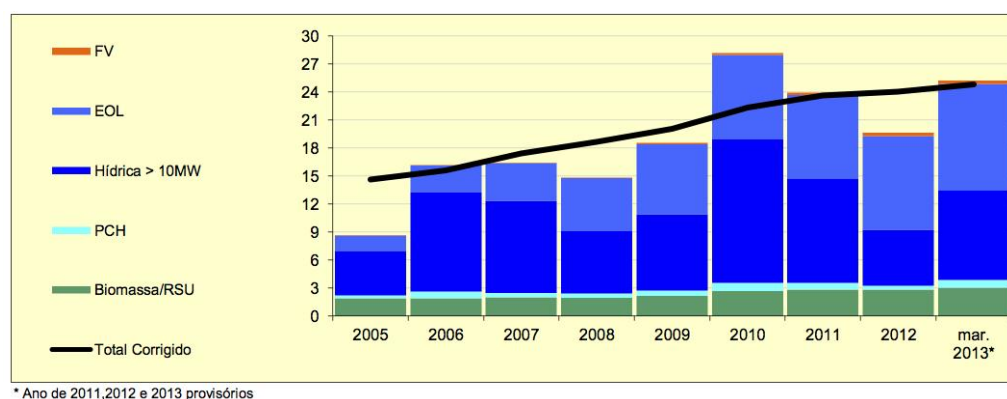


Figura 2.1 - Evolução da energia produzida através de fontes renováveis (TWh) [F3].

Considerando que os níveis de radiação em Portugal são em cerca de 70% superiores aos níveis verificados na Alemanha, faz com que os custos da eletricidade produzida nas mesmas condições sejam mais baixos em Portugal, sendo por isso uma vantagem enorme a explorar no futuro.

No final de 2012, a potência total instalada a partir de fontes de energia renováveis, em Portugal atingiu os 10583 MW, tal como -se pode observar na Figura 2.3.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	mar. 2013*
Hídrica Total	5 000	11 323	10 351	7 102	8 717	16 249	11 827	6 447	10 443
Grande Hídrica (>30MW)	4 454	9 897	9 406	6 190	7 547	14 306	10 495	5 593	8 850
em bombagem	387	465	357	498	725	399	575	1 038	1 141
PCH (>10 e <=30 MW)	265	702	504	478	618	1 045	622	393	762
PCH (<= 10 MW)	281	724	441	434	552	898	710	460	831
Eólica	1 741	2 892	4 007	5 720	7 506	9 078	9 003	10 011	11 419
Biomassa (c/ cogeração)	1 286	1 302	1 361	1 381	1 390	1 579	1 669	1 689	1 720
Biomassa (s/ cogeração)	64	78	149	146	311	612	688	718	713
Resíduos Sólidos Urbanos	545	532	498	441	458	455	486	395	392
Biogás	31	33	55	67	80	97	152	201	210
Fotovoltaica	4	4	24	41	160	213	265	360	353
microprodução							75	138	136
Total	8 671	16 164	16 445	14 898	18 622	28 283	24 089	19 820	25 249
Hídrica Total Corrigida (Diretiva 2009/28/CE)	10 995	10 761	11 129	10 931	10 644	11 154	11 261	10 719	10 721
Eólica Total Corrigida (Diretiva 2009/28/CE)	1 712	2 908	4 221	5 639	7 000	8 204	9 091	9 951	10 536
Total Corrigido	14 637	15 618	17 436	18 647	20 043	22 315	23 612	24 032	24 645
Produção Bruta + Saldo Imp. (GWh)	51 729	52 749	52 952	53 558	53 134	54 865	53 458	52 715	52 320
% de renováveis (Real)	16.8%	30.6%	31.1%	27.8%	35.0%	51.6%	45.1%	37.6%	48.3%
% de renováveis (Diretiva)	28.3%	29.6%	32.9%	34.8%	37.7%	40.7%	44.2%	45.6%	47.1%

* A Produção Bruta + Saldo Importador é provisória para 2012 e 2013.

Figura 2.2 - Evolução histórica da energia elétrica produzida através de renováveis em Portugal Continental (GWh) [F3].

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	mar 2013*	TCMA
Hídrica Total	4 752	4 784	4 787	4 792	4 821	4 837	5 261	5 286	5 540	1.5%
Grande Hídrica (>30MW)	4 234	4 234	4 234	4 234	4 234	4 234	4 650	4 662	4 916	1.4%
PCH (>10 e <=30 MW)	232	263	263	263	263	263	261	265	265	1.9%
PCH (<= 10 MW)	286	287	290	295	324	340	350	359	359	3.3%
Eólica	1 047	1 681	2 446	3 037	3 519	3 863	4 301	4 450	4 460	23.0%
offshore							2.0	2.0	2.0	
microprodução							0.6	0.6	0.6	
Biomassa (c/ cogeração)	357	357	357	357	359	360	367	367	367	0.4%
Biomassa (s/ cogeração)	12	24	24	24	101	106	105	105	105	36.3%
Resíduos Sólidos Urbanos	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0.1%
Biogás	8.2	8.2	12.4	12.4	20.0	28.0	43.3	61.1	61.1	33.2%
Fotovoltaica	2.9	3.4	14.5	58.5	104.1	122.9	157.7	225.7	226.6	86.3%
microprodução							62.8	99.8	100.5	
Ondas									0.3	
Total	6 267	6 945	7 729	8 369	9 011	9 405	10 322	10 583	10 848	7.8%

TCMA - Taxa de Crescimento Média Anual entre 2005 e 2012

A potência instalada é provisória para 2011, 2012 e 2013.

Figura 2.3 - Evolução histórica da potencia total instalada em renováveis, em Portugal Continental (MW) [F3].

2.1.1 - Legislação em Portugal

O aumento da quota de energias renováveis obrigou a alteração e revisão de algumas normas e diplomas existentes no mercado elétrico.

Foi se observando a existência de dificuldades nas ligações de sistemas de produção renováveis à rede pública, muitas vezes devido à falta de capacidade da rede elétrica para aceitar esta produção:

- Decreto-Lei nº312/2001

Este decreto define o regime de gestão da capacidade de recepção de energia elétrica nas redes do Sistema Elétrico de Serviço Público proveniente de centros eletroprodutores do Sistema Elétrico Independente.

No ano de 2002 apareceu um novo decreto-lei assim como nova legislação:

- Decreto-Lei nº68/2002

Tem por objetivo regular a atividade de produção de energia elétrica em baixa tensão (BT) destinada predominantemente a consumo próprio sem prejuízo de poder entregar a produção excedente a terceiros ou à rede pública.

A potência a entregar à rede pública em cada ponto de recepção não poderá exceder os 150kW.

Alterações no pressupostos de política energética, de modo a diminuir a dependência face ao petróleo, tornou necessário a criação de novas medidas para o aumento da produção de renovável:

- Decreto-Lei nº33-A/2005

Este decreto-lei em como objetivo estabelecer uma remuneração diferenciada por tecnologia e regime de exploração com destaque para as tecnologias renováveis.

Assim, o diploma atualiza os valores constantes da fórmula de remuneração de eletricidade produzida a partir de recursos renováveis, garantindo a respetiva remuneração por um prazo considerando suficiente para permitir a recuperação dos investimentos efetuados e expectativa de retorno económico mínimo dos promotores.

- Decreto-Lei nº363/2007

Este decreto-lei veio estabelecer as bases gerais de organização e funcionamento do Sistema Elétrico Nacional (SEN) classificando a produção de eletricidade em regime ordinário e em regime especial. Ao regime especial corresponde a produção de eletricidade com incentivos à utilização de recursos endógenos e renováveis ou a produção combinada de calor e eletricidade.

São criados também dois regimes de remuneração: o geral e o bonificado.

O primeiro para a generalidade das instalações e o segundo apenas aplicável às fontes renováveis de energia cujo acesso é condicionado à existência no local de consumo de coletores solares térmicos.

- Portaria nº1057/2010

Esta portaria estabelece na versão modificada republicada pelo Decreto-Lei 225/2007 o coeficiente Z aplicável ao cálculo da remuneração devida pela produção de energia elétrica em centrais elétricas a energia solar fotovoltaica de concentração com uma potência igual ou inferior a 1MW e até um limite de potência instalada a nível nacional de 5MW.

- Decreto-Lei nº118-A/2010

Este decreto-lei vem simplificar o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de microprodução.

- Decreto-Lei nº132-A/2010

Este decreto-lei estabelece o regime para a atribuição de 150MVA de capacidade de recepção de potência na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) para energia elétrica produzida a partir de centrais solares fotovoltaicas.

- Decreto-Lei nº34/2011

Este decreto-lei veio determinar a elaboração do regime jurídico do acesso à actividade de minigeração e estabeleceu as linhas gerais de orientação para o novo regime.

Licenciamento:

O licenciamento das instalações elétricas destinadas à produção de eletricidade encontra-se definido pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). A legalização das instalações está estruturada consoante o tipo de funcionamento da mesma, tal como apresentado de seguida [2]:

1. No caso de se tratar de uma instalação de produção de energia elétrica em regime permanente, sem entrega de energia à rede pública, a entidade responsável pelo licenciamento é a Direção Regional de Economia (DRE) da área onde se localiza a instalação;
2. Tratando-se de uma instalação de produção de energia elétrica de segurança ou de socorro deverá dirigir-se: para instalações com potência inferior ou igual a 100kVA quando inseridas em instalações do ponto 1, definidas pelo Decreto-Lei nº101/2007 à CERTIEL; para as restantes instalações deve dirigir-se à DRE da área onde se localiza a instalação;
3. No caso de se tratar de produção em regime especial, cogeração e renováveis com venda da totalidade da energia elétrica produzida à rede pública, a legalização das instalações é feita pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). O Decreto-Lei nº312/2001 regula as questões relacionadas com a ligação à rede pública constando dos seus anexos a documentação necessária para desenvolver o processo;
4. Se se tratar de uma instalação de produção de baixa tensão ligada à rede pública para consumo próprio de pelo menos 50% da energia produzida podendo entregar à rede pública uma potência até 150kW (produtor-consumidor em baixa tensão) a entidade responsável é a DRE da área onde se localiza a instalação. A legislação da instalação processa-se nos termos do Decreto-Lei nº 68/2002 contendo este diploma o procedimento a seguir.
5. Se se tratar de instalação de microprodução com potência até 3,68kVA para venda da totalidade da energia elétrica produzida à rede pública, a legalização das instalações processa-se nos termos do Decreto-Lei nº 363/2007 mediante o Sistema de Registo de Microgeração (SRM)
6. Para a produção em regime ordinário o processo é regulado pelo Decreto-Lei nº172/2006

2.2 - Panorama da energia fotovoltaica: Situação Internacional

O mercado da energia fotovoltaica está a sofrer um forte crescimento. A Alemanha permanece como o maior mercado de energia fotovoltaica. No final de 2010 excedeu o equivalente a duas centrais nucleares.

Em 25 de Maio de 2012, na Alemanha atinge-se um record de produção de energia através de sistemas fotovoltaicos, tal como se pode observar na Figura 2.4.



Figura 2.4 - Record diário de produção de energia através de Sistemas Fotovoltaicos na Alemanha [F4].

Em Itália, encontra-se um dos mais promissores mercados. O país tem um dos níveis de sol mais elevados e a lei “*Conto Energia*” anunciada em 2010 irá continuar a suportar o forte momento que o mercado se encontra.

Na França, o potencial de crescimento existe mas existe o problema da descentralização das fontes de energia existentes, de modo a que a energia fotovoltaica ligada a rede ganhe folgo.

Na Espanha, o crescimento que estava acentuado, agravou-se com a crise financeira para um mercado quase nulo em 2009, continuando estagnado desde 2010 devido à instabilidade das decisões políticas.

Fora da Europa, existe por exemplo., caso do Japão e dos EUA. O primeiro tem visto as políticas de apoio sustentarem o elevado potencial de crescimento, ao passo que no segundo, viu em 2009 o começar de alguns sinais de crescimento sendo que em 2010 começaram em construção muitos “*ground-mounter systems*”.

Na China espera-se que aconteça um rápido crescimento na aplicação de sistemas fotovoltaicos, com projetos impressionantes.

Tabela 2.1 - Tipos de políticas de apoio postas em pratica nos diversos países

País	Modelo
Alemanha	Tarifa Fixa
Espanha	Tarifa Fixa Bonificação fixa Rendas Diminuição dos impostos
França	Tarifa fixa
Itália	Certificados Verdes Rendas Tarifa fixa
Portugal	Rendas Diminuição dos impostos
Reino Unido	Certificados Verdes

2.3 - Benifício e Sustentabilidade

O desenvolvimento sustentável pode ser descrito como o “desenvolvimento que encontra as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras”.

Pode-se assim considerar três áreas sobre a sustentabilidade: social, económica e ambiental.

Na área económica, pode-se salientar:

- As “*Feed-in Tariffs*” recebidas pelos donos das centrais fotovoltaicas
- Redução nos custos enérgicos à emissão de gases efeitos de estufa, como o dióxido de carbono
- Redução das perdas nas linhas, uma vez que a produção é distribuída e descentralizada
- Desenvolvimento industrial, seja através do fornecimento de materiais, maquinaria, instaladores, etc

Na área ambiental, pode-se salientar:

- Mitigação das alterações climáticas
- Cumprimento de políticas internacionais
- O não consumo de água associado a diversas tecnologias de produção de energia

Na área social, pode-se salientar:

- Emprego
- Cursos e educação relacionada com a área

2.4 - Radiação Solar

O sol fornece energia na forma de radiação, que é a base de toda a vida na Terra.

A energia do sol é essencialmente constituída por radiação visível, infravermelha e ultravioleta, sendo que a primeira corresponde a cerca de metade da energia irradiada pelo sol.

Em virtude da larga distância que dista do sol à Terra, a radiação solar que atinge o nosso planeta é mínima.

Contudo, essa quantidade para a atmosfera terrestre representa cerca de 1×10^{18} kWh/ano. [3]

2.4.1- Distribuição da radiação solar

Convém recordar mais detalhadamente as componentes da radiação:

- Irradiância, representa a potência que incide na superfície por unidade de área (kW/m^2)
- Irradiação, que representa a energia que incide na superfície por unidade de área durante um período de tempo (kWh/m^2)

Embora a constante solar refira $E_Q = 1367 \text{ W/m}^2$, esse nível de radiação não alcança totalmente a superfície da Terra. [3]

Fenómenos de reflexão atmosférica, absorção por moléculas e nebulosidade da própria atmosfera reduzem a quantidade total de radiação solar para um valor médio de 1000 W/m^2 na superfície ao meio-dia, caso se verifiquem boas condições climatéricas, tal como se pode observar na Figura 2.5.

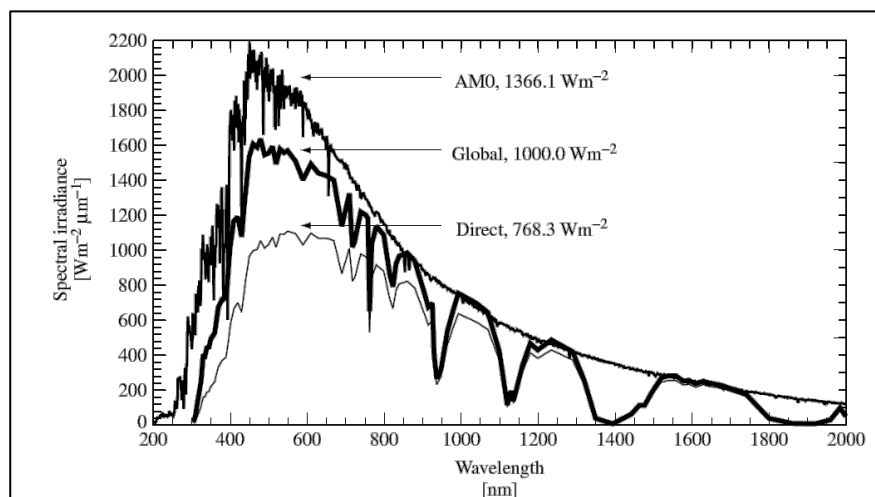


Figura 2.5- Irradiância fora da atmosfera, no global e directa.

Torna-se importante então conhecer os níveis de irradiação dos locais, sendo para isso usado mapas geográficos ou tabelas, designadas PVGIS (*photovoltaic geography information system*), tal como se pode observar na Figura 2.6.

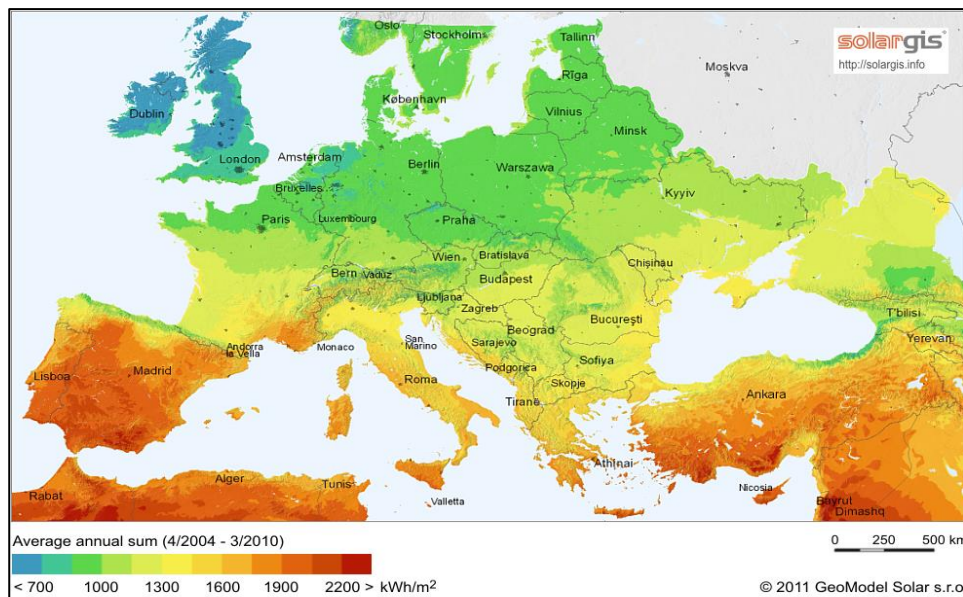


Figura 2.6 - Distribuição global da irradiação solar em kWh/m² [F5].

Uma rápida observação permite observar que os países que se situam mais a sul têm condições mais favoráveis ao desenvolvimento de sistemas de energia solar fotovoltaica, uma vez que os níveis de irradiação são superiores. No caso de Portugal e Espanha, os valores situam-se entre os 1400 kWh/m² e os 2100 kWh/m².

Quando não existirem mapas recorre-se a registos históricos de estações meteorológicas próximas do local de instalação do sistema, obtendo dados sobre irradiação global, número de horas de sol e temperatura média.

2.4.2- Tipos de radiação: Direta e Difusa

A luz solar que atinge a superfície terrestre é constituído por uma parte direta e uma parte difusa.

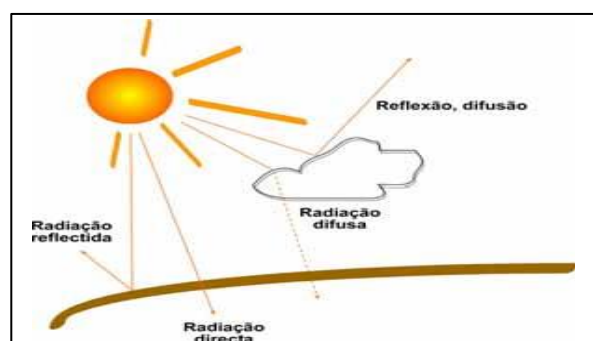


Figura 2.7 - Luz solar no seu percurso através da atmosfera.

A radiação direta é a radiação que vem diretamente do Sol sem perturbações algumas, ao passo que a parte indireta é a radiação difusa que carece de direção específica uma vez que são alteradas por partículas de água e poeiras existentes no ar.

Nos dias claros, prevalece a radiação direta, ao passo que nos dias com nuvens a radiação é quase totalmente difusa. Em Portugal, a proporção direta/difusa situa-se em cerca de 60% e 40%, respetivamente [3].

A radiação difusa é a radiação que é recebida indiretamente, seja por ações das nuvens, poeiras, entre outros obstáculos.

Devido ao fato de este tipo de radiação ser mais difícil de estimar, os seus cálculos são muito complexos.

A radiação refletida é a radiação proveniente de tudo à volta onde o sistema fotovoltaico está inserido, seja o solo ou outros objetos.

2.4.3- Definição do ângulo, Posição do Sol e Orientação Solar

Para determinar os dados de radiação e a energia produzida pelas instalações solares, é necessário o conhecimento exacto da localização do Sol.

Através do conhecimento da sua altura e do seu azimute, é possível determinar a posição do sol em qualquer local.

O azimute representa a direção, dada em graus, a que se encontra o Sol face ao seu observador. O ângulo de referência é frequentemente atribuído ao sul, seguindo os restantes ângulos a direção dos ponteiros do relógio.

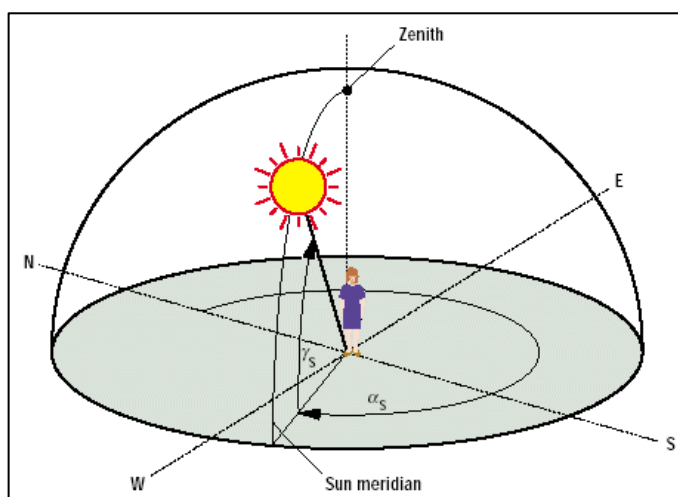


Figura 2.8 - Representação de ângulos da posição solar [F6].

Uma vez que a irradiância solar é calculada a partir de uma base horizontal e dependente da altura do Sol, a trajetória que este tem faz com que se verifiquem alterações na altura do mesmo durante o dia e ao longo do ano. Como consequência, a distância entre os dois corpos celestes e o número de horas solares variam inversamente.

No Verão a radiação solar é maior tal como a sua exposição solar, contrariamente ao que acontece no Inverno.

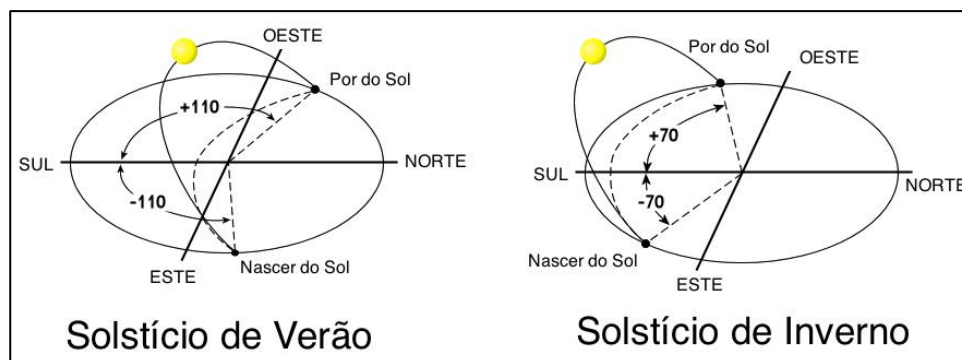


Figura 2.9 - Solstícios de Verão e de Inverno [F7].

Tendo em conta os solstícios indicados na Figura 2.9, o dimensionamento de um sistema fotovoltaico é feito normalmente em função de uma estação específica.

Quando dimensionado para a estação Inverno, o ângulo de montagem segundo a horizontal tende a ser superior, face ao dimensionamento para a estação Verão.

Desta forma permite-se garantir um máximo ou mínimo de produção de energia elétrica.

A orientação da instalação solar resulta em diferentes níveis de radiação.

No caso de Portugal, a orientação ótima de uma instalação são 30° de inclinação, orientados para Sul.

Em comparação, esta inclinação traduz num aumento de 15% do nível de radiação incidente quando comparado sobre uma área horizontal.

Reconfigurações à configuração ótima, isto é orientações a Sudoeste e Sudeste bem como inclinações entre 20° e 50° implicam uma redução máxima de energia produzida em cerca de 10%.

Para que a eficiência seja melhorada, podem-se utilizar seguidores solares (*trackers*) que orientam constantemente os painéis segundo a inclinação e o azimute, podendo por razões económicas realizar apenas uma dessas funções. O ponto de máxima potência designa-se então por MPP sendo constantemente seguido.

Um seguidor solar com dois eixos pode aumentar o rendimento a nível de energia em cerca de 40% quando comparados a um projeto de matriz fixa. Contudo, os seguidores solares encarecem o sistema fotovoltaico. Só uma análise custo-benefício pode revelar se o investimento é ou não viável, face ao aumento da eficiência dos sistemas.

2.5 - Efeito fotovoltaico e células solares

2.5.1 - Princípios funcionais de uma célula solar

A transformação direta da luz solar em energia elétrica tem por nome fotovoltaico. Para realizar essa transformação recorre-se a células solares.

Para que seja produzida energia elétrica é necessário que aconteçam vários fenómenos físicos, entre os quais a absorção de luz pelo material, a transferência de energia dos fotões para as cargas elétricas e a criação de corrente elétrica.

Neste processo usam-se materiais condutores como silício, telureto de cádmio, disseleniuto de cobre e índio.

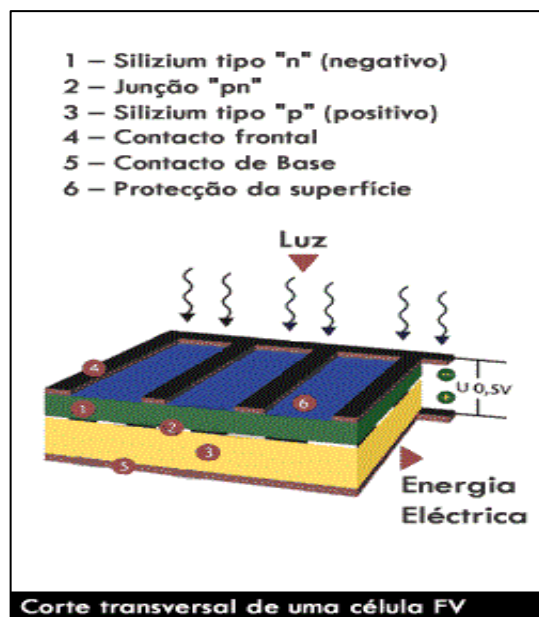


Figura 2.10- Estrutura de uma célula solar cristalina [F8].

Os três parâmetros mais importantes e amplamente utilizados para descrever o funcionamento da célula elétrica é:

- Corrente de curto-circuito
- Tensão em circuito aberto
- Ponto de potência máxima

A corrente de curto-circuito faz-se depender da irradiância na célula.

A tensão de curto-circuito obtém-se quando a célula não tem nenhuma carga ligada aos seus terminais, não existindo por isso circulação de corrente elétrica.

O ponto de potência máxima consiste no ponto onde a potência elétrica que é gerada atinge o valor mais elevado, isto é, onde o produto da tensão e corrente é máximo [4].

2.5.2- Dopagem silício

Ao se adicionarem átomos com cinco elétrons de ligação como o fósforo, vai haver um elétron a mais e que ao ficar sozinho vai para a banda de condução. Diz-se assim que o fósforo é dopante doador de elétrons, ou seja dopante n.

Por outro lado, ao se introduzirem átomos com apenas três elétrons de ligação, como o boro, haverá falta de um elétron para satisfazer as ligações ao silício. Essa lacuna faz com que um elétron próximo tenda a ocupar essa posição. Diz-se assim que o boro é um aceitador de elétrons ou seja dopante p.

Partindo de silício puro, e se foram introduzidos átomos de fósforo num lado e de boro no outro lado, forma-se uma junção p-n.

Nessa junção, o que ocorre é que os elétrons livres do lado n passam para o lado p onde encontram buracos que os agarram. Este agarramento faz com que sejam acumulados elétrons do lado p, tornando-se negativamente carregada e levando a uma redução de elétrons do lado n, que ficam eletricamente positivos.

Se estas junções forem expostas aos fótons com energia capaz de vencer o equilíbrio alcançado, as cargas são aceleradas e criam deste modo uma corrente através da junção, originando o famoso efeito fotovoltaico

2.5.3- Propriedades elétricas e modelos das células

No caso da luz incidir sobre uma célula solar desligada da carga, é criada uma tensão de aproximadamente 0.6V, independentemente da sua dimensão. Esta tensão pode ser medida como a tensão de circuito aberto a partir dos dois contatos da célula.

A corrente de curto circuito poderá ser calculada se ambos os contatos estiverem em curto circuito através do amperímetro.

Através da Figura 2.11, pode-se observar três pontos fundamentais:

- MPP que representa o ponto de curva característica onde a célula solar funciona à máxima potência. Para este ponto estão especificados a potência, a corrente e a tensão;
- I_{CC}^{PV} que representa a corrente de curto-circuito
- U_{OC}^{PV} que representa a tensão em circuito aberto e regista valores aproximadamente 0,5 a 0,6V para células cristalinas e 0,6 a 0,9V para células amorfas;

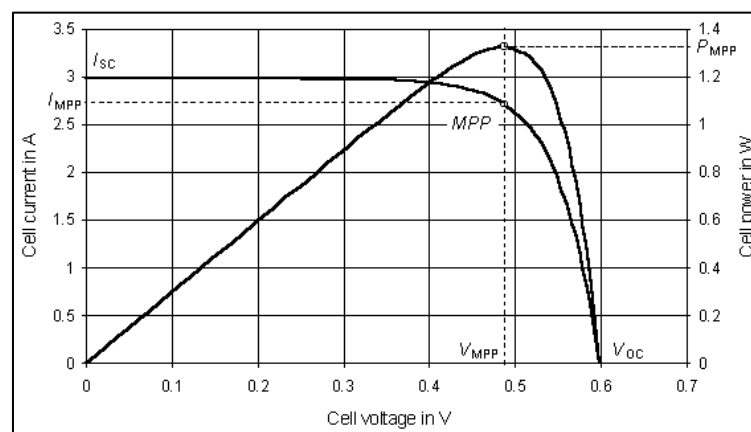


Figura 2.11 - Curva característica Corrente-Tensão de uma célula solar de silício cristalino [F9].

Aquando da modelização de uma célula fotovoltaica, é necessário ter em conta a propriedade que existe na junção p-n.

Como a corrente da célula é originária da radiação solar existente, o circuito ideal é então uma fonte de corrente em paralelo com um diodo, tal como se pode observar na Figura 2.12.

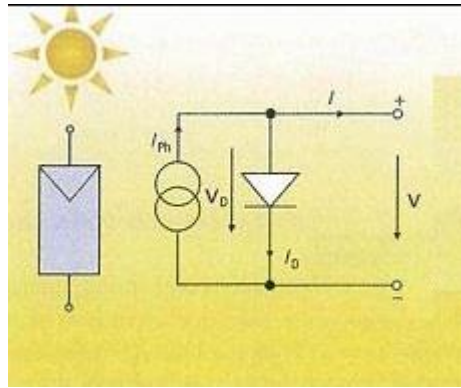


Figura 2.12 - Circuito elétrico ideal de uma célula fotovoltaica

$$V_0 = V_D \quad (2.1)$$

$$I = I_L - I_D \quad (2.2)$$

onde V_0 é a tensão aos terminais da carga, V_D é a tensão aos terminais do diodo, I é a corrente fornecida à carga, I_L é a corrente gerada através do efeito fotovoltaico, I_D é a corrente do diodo.

Em função de:

$$I_D = I_0 \times \left(e^{\frac{V_0}{m \times V_t}} - 1 \right) \quad (2.3)$$

$$V_t = \frac{k \times T}{q} \quad (2.4)$$

É possível obter a expressão (2.5) através do uso das expressões (2.3) e (2.4).

$$I = I_L - I_0 \times \left(e^{\frac{V_0}{m \times V_t}} - 1 \right) \quad (2.5)$$

onde I_0 é a corrente inversa do diodo, m é o fator de idealidade do diodo (1 ou 2 para baixas e altas tensões, respetivamente), V_t é a tensão térmica calculada através da expressão (2.4), R_p é a resistência em paralelo com o diodo, k é a constante de Boltzman (1.38×10^{-23} J/K), T é a temperatura da célula em Kelvin e q é a carga do electrão ($1,609 \times 10^{-19}$ C).

No entanto, no esquema da Figura 2.12 desprezaram-se as perdas no interior da célula.

O circuito elétrico real de uma célula fotovoltaica é apresentado na Figura 2.13.

A maior componente de R_s é causada por via da resistência do corpo de junção p-n da célula bem como pela resistência dos contatos entre os terminais e o semiconductor.

Por outro lado, R_p é resultado da difícil circulação de corrente nos defeitos do material.

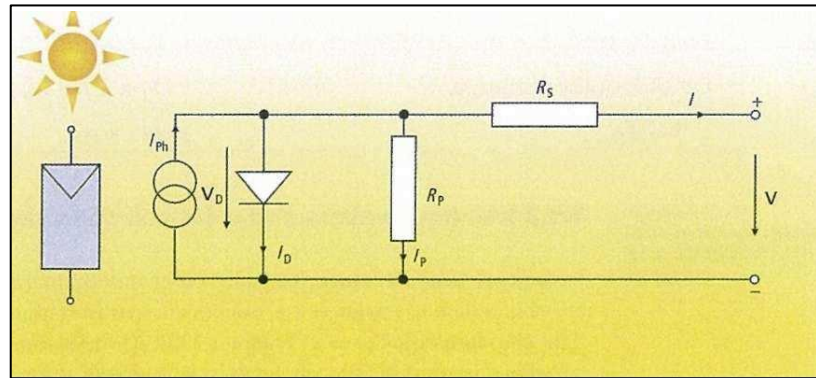


Figura 2.13 - Circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica

A partir da Figura 2.13 conclui-se que:

$$V_0 = V_D - R_S \times I \quad (2.6)$$

$$I = I_L - I_D - I_p \quad (2.7)$$

Desenvolvendo a equação (2.7) chega-se a:

$$I = I_L - I_0 \times \left(e^{\frac{V_0 + R_S \times I}{m \times V_t}} - 1 \right) - \frac{V_0 + R_S \times I}{R_p} \quad (2.8)$$

onde V_0 é a tensão aos terminais da carga, V_D é a tensão aos terminais do diodo, R_S é a resistência série, I é a corrente fornecida à carga, I_L é a corrente gerada através do efeito fotovoltaico, I_D é a corrente do diodo, I_0 é a corrente inversa do diodo, m é o fator de idealidade do diodo (1 ou 2 para baixas e altas tensões, respetivamente), V_t é a tensão térmica e R_p é a resistência em paralelo com o diodo.

2.5.4- Tipo de células

Nos sistemas solares fotovoltaicos, os painéis são dos equipamentos mais importantes.

Existem diversos tipos de elementos utilizados no fabrico das células, tais como:

- Silício cristalino
- Silício amorfo
- Telureto de cádmio
- Disseleneto de cobre e índio
- Híbridas

Células de silício cristalino

O silício é o material mais importante para as células solares cristalinas. Contudo, torna-se necessário obtê-lo. É preciso então separar o oxigénio não desejado do dióxido de silício.

Para isso, aquece-se num cadinho, juntamente com pó de carvão, a areia de sílica. Com isto, cria-se silício metalúrgico com pureza de 98%.

Como é necessário que se consiga uma pureza de 99,99999%, é necessário purifica-lo através de processos químicos.

Para isso é depositado num forno com ácido clorídrico, que provoca a produção de químicos hidrogénio e triclorosilano, um liquido que ferve a 31°C.

Destilando este último em varias etapas, reduz-se assim o número de impurezas. Quando se atinge o valor de pureza pretendida, o triclorosilano é reduzido com a ajuda de hidrogénio a 1000°C. O silício resultante pode ser assim processado para células mono ou policristalinas.

- Silício monocristalino:

Para produzir silício monocristalino foi estabelecido o processo de extração de cadinho. Durante este processo o núcleo do cristal com orientação definida é imerso num banho de silício fundido a cerca de 1400°C e retirado do banho enquanto roda muito lentamente. Desta maneira podem ser produzidos cristais únicos redondos, os quais são posteriormente estriados em barras semiquadradas e cortados em espessas lâminas ou pastilhas.

A eficiência deste tipo de células situa-se entre 15% e 18%.

- Silício policristalinas:

Para produzir silício policristalino, o mais comum dos processos é a fundição de lingotes.

Aquecido no vácuo até uma temperatura de aproximadamente 1500°C e depois arrefecido na direção da base do cadinho a cerca de 800°C. Desta forma são criados blocos, que são primeiramente serrados em barras e depois em pastilhas.

A eficiência deste tipo de células situa-se entre 13% a 15%.

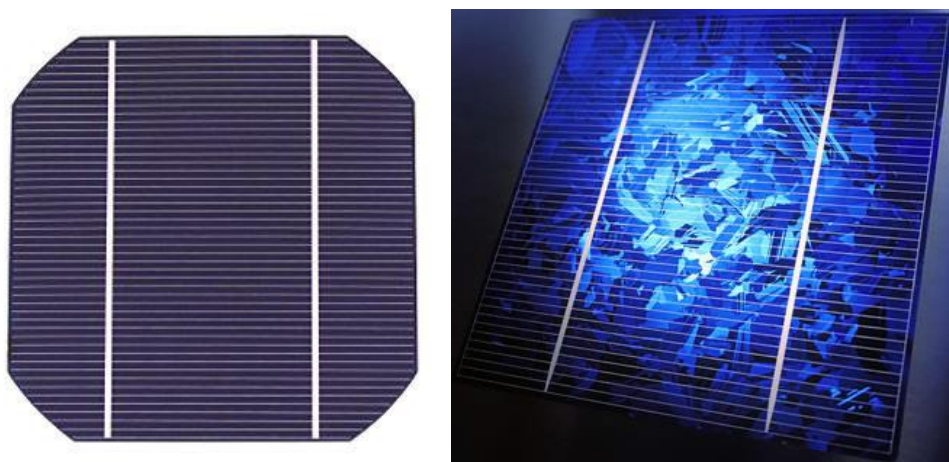


Figura 2.14 - Célula monocristalina à esquerda [F10] e célula policristalina com uma camada de anti-reflexão à direita [F10]

Células de película fina

Neste tipo de células, os condutores fotoativos são colocados em finas camadas num substrato. O Silício amorfo, o Diselenieto de Cobre e Índio (CIS) e o Telureto de cádmio (CdTe) são utilizados como materiais semicondutores.

Este tipo de células requerem temperaturas de fabrico na ordem dos 200°C a 500°C, que quando comparadas com as de silício cristalino, são muito mais baixas. O potencial deste tipo

de tecnologia advém também de menores consumos de materiais e de energia, bem como a elevada capacidade de automatização da produção em grande escala.

Característica distinta das células de silício cristalino é o tipo de interligação. Neste caso, as interligações são monoliticamente, isto é, internamente. As células são deste modo, separadas eletricamente, sendo interligadas em etapas estruturais criando ranhuras transparentes entre células individuais. Estas ranhuras devem ser tão finas quanto possível, de modo a maximizar a produção energética.

- Silício amorfo:

O silício amorfo não cria uma forma regular do cristal. Como tal, ocorrem ligações até à saturação. Criado num reator plasmático, requer temperaturas de fabrico mais baixas, na ordem dos 200°C, através da vaporização química de Silano Gasoso (SiH_4). Este aspeto possibilita a colocação sobre substratos de custo reduzido, como vidros, plásticos.

Uma vez possuírem boa resposta ao espectro de luz azul, funcionam bem em ambientes artificiais. Observando a oferta de equipamentos no mercado, a sua eficiência situa-se nos 5% a 8%.



Figura 2.15 - Módulo de silício amorfo da EcoRete[F11].

- Diselenieto de Cobre e Índio:

Neste tipo de células, o material semi-condutor ativo é o Diselenieto de Cobre e Índio.

Contrariamente às células de silício amorfo, não são susceptíveis ao degradingamento com a indução da luz.

Por outro lado, apresentam problemas de estabilidade em ambientes quentes e húmidos, o que implica que este tipo de sistemas tenha uma boa selagem contra a humidade.

De todas as tecnologias de películas finas, este tipo é a mais eficiente.

Pensa-se que o avanço da produção em massa, se traduza numa diminuição dos custos de fabricação, ficando mais baixos que os de silício cristalino. Contudo, este tipo de células precisa ainda de desenvolvimentos no que toca à camada tampão, para compostos sem Cádmio.

Também não convém esquecer o uso do selénio, embora este seja usado em proporções diminutas podendo ser desprezável os perigos associados. A eficiência deste tipo de módulos é de cerca de 8% a 10%

- Telureto de cádmio:

Este tipo de tecnologia tem um enorme potencial para a diminuição dos custos de produção em massa.

O revés deste tipo de células é o uso do Cadmio, que pode constituir um problema [5].

A eficiência deste tipo de módulos é de cerca de 6% a 9%

Comparação entre os diferentes tipos

Uma observação ao mercado do sector fotovoltaico revela-nos que o silício cristalino é a tecnologia mais implementada.

Como observado este tipo de células apresentam um rendimento superior às de película fina, necessitando por essa razão de uma área menor de instalação para a mesma potência.

Pode-se observar na Tabela 2.2, as diferentes tecnologias com as suas respectivas eficiências e áreas de utilização.

Tabela 2.2 - – Comparação entre as diversas tecnologias

Tecnologia	Silício Cristalino		Película Fina			HIT
	Mono	Poli	Amorfo	CdTe	CIS	
Eficiência (%)	15/18	13/15	5/8	6/9	8/11	15/18
Área Necessária (m ²)	7	8	15	11	10	7

2.6 - Tipo de aplicações

2.6.1 - Sistemas autónomos

A utilização de sistemas isolados é usada principalmente em áreas onde a construção de linhas de transporte de energia elétrica são economicamente inviáveis, onde existem questões ambientais ou mesmo por dificuldades do terreno em si.

O típico sistema fotovoltaico isolado consiste em módulos solares e baterias ligados a um inversor DC/AC. Os módulos fornecem energia para as cargas, incluindo o carregamento das baterias para o período sem sol.

A maior parte dos sistemas isolados encontram-se em países em desenvolvimento para fornecer necessidades básicas de energia à iluminação, bombas de água, entre outras. [11]

Uma das tarefas mais importantes na concepção deste tipo de sistemas encontra-se na descoberta do rácio correcto entre consumo e produção de energia.

No caso de se desejar um valor máximo de produção de energia elétrica deve-se otimizar a orientação para a estação Verão, uma vez que nesta estação, os valores de radiação disponível é substancialmente superior. No caso de se desejar um valor mínimo de produção, deve-se otimizar para a estação Inverno, uma vez que assim se garante produção quando os níveis de radiação são os mais baixos.

Existem também a possibilidade de colocação de seguidores solares, otimizando a orientação conforme a altura do ano. [3]

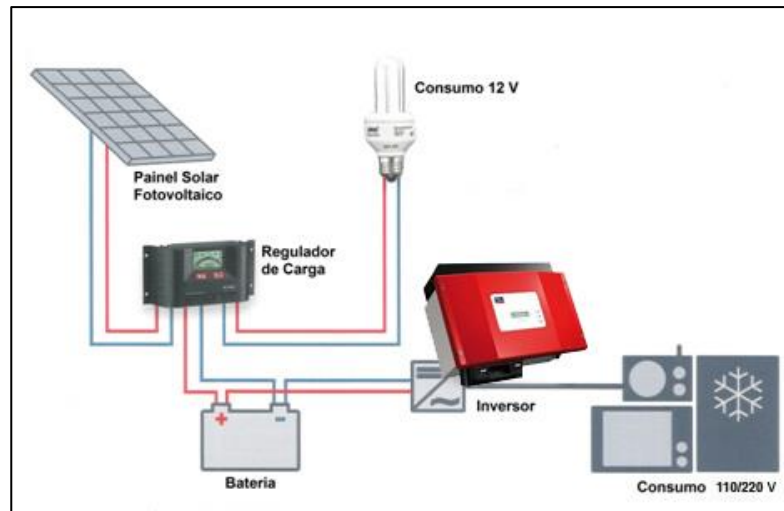


Figura 2.16- Exemplo de um sistema fotovoltaico autónomo [F12].

Híbridos:

Muitos dos sistemas híbridos usam, juntamente com o sistema fotovoltaico, um gerador eólico ou diesel, sendo que este último consegue fornecer uma necessidade previsível de energia.

2.6.2- Sistemas ligados à rede

Estes tipo de sistemas não utilizam armazenamento de energia uma vez que a geração é entregue directamente à rede.

Toda a interligação tem por base inversores, que devem satisfazer exigências de qualidade e segurança de modo a que a rede não ser afectada.

Este tipo de instalações pode ser visto desde instalações em edificações urbanas a grandes centrais fotovoltaicas.

Os sistemas interligados ao sistema de distribuição oferecem ainda vantagens para o sistema eléctrico tais como:

- Energia produzida junto dos locais de consumo, logo redução de perdas
- Investimentos em linhas de transmissão reduzidos

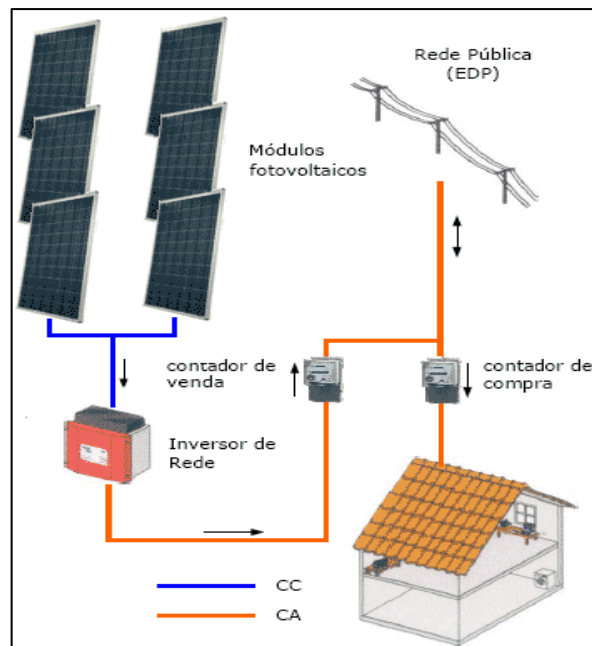


Figura 2.17 - Esquema de um sistema fotovoltaico ligado à rede de distribuição [F13].

2.7 -Componentes de um Sistema fotovoltaico

2.7.1- Módulos Fotovoltaicos

As células são agrupadas em módulos, sendo estes agrupados em painéis de múltiplos módulos. Aquando da sua construção é necessário ter em conta as condições ambientais aos quais vão estar sujeitos.

Encadeamento e encapsulamento

Dada a reduzida potência das células solares, é necessário proceder à ligação de várias células no fabrico dos módulos, isto é, o encadeamento de células.

Na ligação em série os contatos frontais de cada célula são soldados aos contatos posteriores da célula seguinte, de forma a ligar um pólo negativo da célula com o pólo positivo da célula seguinte.

Os terminais de início e fim são depois estendidos para o exterior com vista à ligação elétrica dos mesmos.

De forma a proteger as células das tensões mecânicas, agentes atmosféricos e humidade, estas são embebidas num material transparente maleável, com a particularidade de assegurar o isolamento elétrico entre células.

De forma a estabilizar a estrutura, o material de encapsulamento é aplicado ao substrato, sendo que na maioria dos casos usa-se vidro, mas é possível usar plástico acrílico, entre outros materiais.

Existem três tipos de encapsulamento:

- Encapsulamento em Teflon
- Encapsulamento em Etileno Vinil Acetato (EVA)
- Encapsulamento em resina fundida

Interligação entre módulos e características elétricas

Os módulos fotovoltaicos são combinados entre si em séries e paralelos. Os módulos ligados em séries constituem as fileiras (*string*). Para minimizar as perdas de potência no sistema, apenas se devem usar módulos do mesmo tipo.

A ligação em série proporciona um aumento da tensão de saída do painel, mantendo-se constante a corrente elétrica.

Por sua vez, a ligação em paralelo permite manter o nível de tensão e proporcionar um aumento da corrente elétrica.

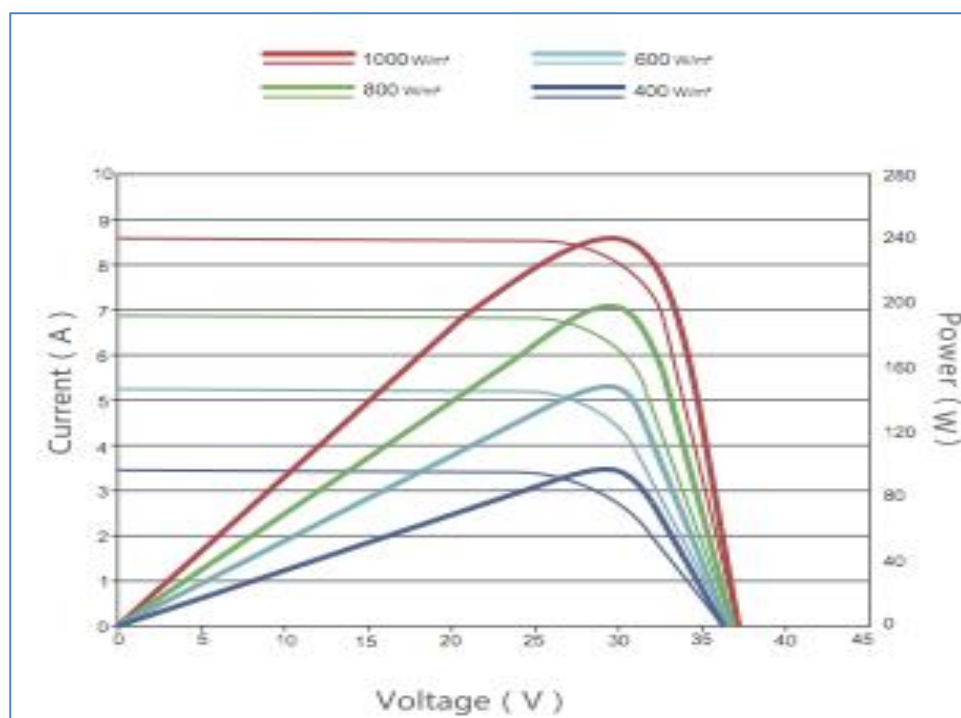


Figura 2.18 -Exemplo de curvas Corrente-Tensão-Potência do painel Jinko Solar [F14].

Um painel possui uma curva característica Corrente-Tensão muito semelhante à da célula, variando os níveis de intensidade.

A potência máxima fornecida encontra-se na zona do “joelho” da curva característica. No dimensionamento, deve-se procurar o ponto mais próximo possível desse local.

Pontos quentes, díodos bypass e sombreamento

Em algumas condições de operação, uma célula solar que se encontre sombreada pode aquecer a tal ponto que o material danifique. Origina-se assim o que se chama vulgarmente

de ponto quentes e pode acontecer quando, por exemplo, flui uma corrente inversa elevada através da célula solar.

Para prevenir que situações destas possam ocorrer, recorre-se à utilização de díodos *bypass*, que têm como função fazer o desvio da corrente elétrica por circuito alternativo quando uma ou mais células do painel se encontrarem sombreadas.

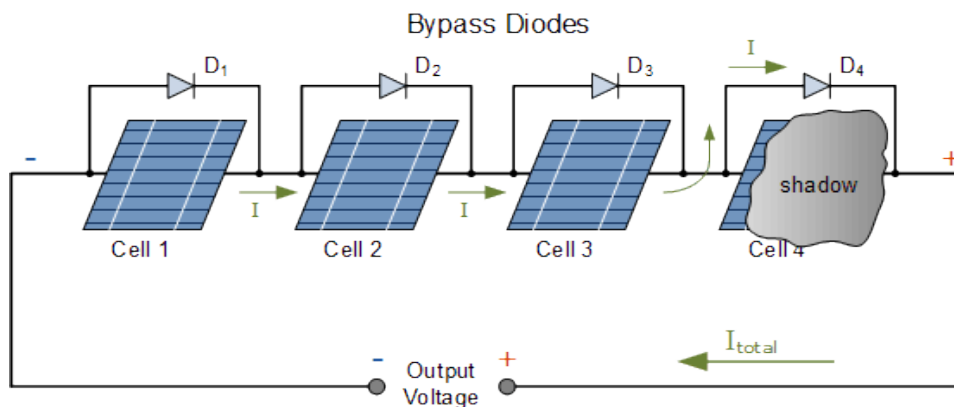


Figura 2.19 - Esquema de funcionamento do diodo *bypass* [F15].

2.7.2- Inversores

A ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede/carga AC é estabelecida através do inversor.

A sua principal função situa-se na conversão do sinal elétrico DC do gerador fotovoltaico num sinal elétrico AC, ajustando-o para frequências e níveis de tensão da rede ao qual se encontra ligado.

Tendo em conta as aplicações ao qual são destinados, existem duas categorias: inversores de rede para sistemas com ligação à rede e inversores independentes para sistemas autónomos.

Os inversores de rede podem ser [4]:

- comutados pela rede
- autocontrolados.

Inversores comutados pela rede

Os inversores comutados pela rede são inversores, basicamente, constituídos por uma ponte de tirístores. Nos dias que correm, estes equipamentos são usados particularmente nos grandes sistemas fotovoltaicos mais antigos.

Tendo em conta que os tirístores apenas podem comutar para o estado de condução mas não conseguem desligar-se, surge a necessidade de intervenção da tensão da rede para forçar os tirístores a comutar. Caso se verifique um colapso na rede, o inversor é automaticamente desligado. Como tal, não podem funcionar de modo autónomo. Por isso são criadas correntes de onda quadrada. Estas diferenças para a onda original, que tem forma sinusoidal, leva ao aparecimento de harmónicos, isto é perturbações, e consumo de reativa.

Inversores autocontrolados

Os inversores autocontrolados são também ligados num circuito em ponte.

O desempenho do sistema e do nível de tensão fazem com que existam diversos componentes semicondutores, tais como MOSFET, BJT, GTO, IGBT. O princípio de modulação por largura de impulso permite a estes dispositivos uma boa reprodução da onda sinusoidal.

Os inversores autónomos devem poder alimentar uma série de equipamentos elétricos.

As características que distinguem um bom inversor são: corrente alternada sinusoidal com a tensão e frequência estabilizadas, excelente eficiência de conversão, elevada tolerância às correntes de arranque, elevada tolerância perante as flutuações de tensão da bateria, proteção contra profunda descarga da bateria, baixo consumo em *standby*, protecção contra curto-circuito no lado da saída, elevada compatibilidade eletromagnética, baixo conteúdo harmónico, proteção contra sobretensões.

Os inversores de onda sinusoidal satisfazem a maior parte dos requisitos anteriormente falados. Estes inversores são baseados no princípio da modelação por largura de impulso, sendo adequados mesmo para operação de equipamentos electrónicos sensíveis. São mais caros e mais complexos que os inversores trapezoidais.

Os inversores trapezoidais estão gradualmente a desaparecer do mercado. Neste tipo de inversores a corrente DC é recortada numa onda quadrada com uma frequência de 50hz e elevada para uma tensão de 230V via transformador. Os inversores trapezoidais podem alimentar qualquer carga, excepto equipamentos sensíveis. Tem a vantagem de suportar elevadas sobrecargas durante curtos períodos de tempo (em certos casos até quatro vezes a potência nominal) o que é particularmente importante quando se operam máquinas eletromotrizes (no arranque).

Existem três grupos de inversores:

- Centrais
- De cadeia de módulos
- Integrados.

Os inversores centrais são usados mais frequentemente em sistemas fotovoltaicos de grandes dimensões. As configurações são normalmente com ligações *Master-Slave*, no qual um inversor assume o papel de *Master*, controlando os outros.

A vantagem deste tipo de configuração reside no facto, de nos períodos de baixa irradiação, apenas opera um inversor, o que resulta numa maior eficiência global do sistema. Com o aumento do nível de irradiação, o inversor mestre chega ao limite da sua potência, ativando o *slave* seguinte.

Este sistema tem a desvantagem dos custos de investimento serem muito superiores aos sistemas em que existe apenas um inversor central.

Os inversores de cadeia de módulos permite que, nos sistemas compostos por campos com diferentes orientações ou com vários sombreamentos, a instalação por um inversor por fileira ou módulo, permite adaptar a potência as condições de irradiação verificadas no momento. A utilização deste tipo de configuração de inversores facilita a instalação e em certos casos pode reduzir os custos de instalação.

Os inversores integrados são unidades integradas em que consiste na compatibilidade entre os inversores e os módulos fotovoltaicos, sendo um dos pré-requisitos para a maior eficiência global do sistema.

Este tipo de operação permite que o módulo esteja a funcionar no seu ponto de máxima potência (MPP).

Muitos dos inversores são de tamanhos tão diminutos que podem ser colocados nas próprias caixas de junção.

2.7.3- Baterias

Nos sistemas autónomos, como a geração de energia e o consumo geralmente não coincidem, necessitam de um armazenamento de energia. Este armazenamento é feito através de baterias.

Longos períodos de tempo nublado, a necessidade de fornecimento contínuo de energia, bem como a não utilização de energia durante o dia leva à implementação destes equipamentos.

Em aplicações fotovoltaicas, as baterias mais usadas são: ácido de chumbo e alcalinas.



Figura 2.20 - Exemplo de um banco de bateria [F16].

Baterias de Ácido de Chumbo:

- Baterias de Ácido de Chumbo (Líquidas):

Este tipo de baterias é a mais comum nas instalações fotovoltaicas, sendo composta por placas e pelo fluido eletrólito.

Ao contrário do que acontece nas baterias dos automóveis, que são chamadas a intervir entregando uma corrente elevada por um período de tempo curto, nos sistemas fotovoltaicos elas fornecem correntes mais baixas durante um período de tempo muito mais extenso.

A vida útil de uma bateria vem definida para o ponto a partir do qual, estando a bateria completamente carregada, esta têm apenas 80% da sua capacidade nominal.

Para descargas regulares de 70%, a bateria tem um ciclo de vida de apenas 200 ciclos. Se essas descargas só chegarem a 50%, o ciclo de vida aumenta para 400 e se essas descargas ficarem pelos 20% podem atingir 1000 ciclos.

Tendo em conta o tipo de utilização, estas baterias necessitam de um controlador de carga que impeça o total descarregamento ou sobrecargas.

Este tipo de baterias libertam hidrogénio que é expelido quando a sua carga se encontra perto do nível máximo. [4]

- Baterias de Ácido de Chumbo (Gel):

Este tipo de baterias é uma versão melhorada das baterias de ácido de chumbo líquidas.

As principais vantagens deste tipo de baterias resumem-se: maior ciclo de vida, não liberta gases para o exterior, são completamente isoladas e não requerem cuidados de manutenção.

Vêm apenas equipadas com uma válvula de segurança para permitir a libertação dos gases que se acumulam em função das sobrecargas sofridas.

Sobrecargas essas, aos quais são muito sensíveis, devendo para isso ter um sistema de controlador de carga.

Para descargas regulares de 50%, a bateria tem um ciclo de vida de 1000 ciclos.

Observamos assim, que o período de vida destas são mais elevados que as líquidas. Contudo, elas são mais caras. [4]

Baterias de acumuladores Alcalinas:

- Baterias de Níquel-Cádmio (Ni-Cd):

Este tipo de baterias são seladas, com um eléctrodo positivo de níquel e um eléctrodo negativo de hidróxido de cádmio.

As reacções dão-se com os eléctrodos em presença sem um eletrólito adicional, o que não origina sulfatações como nos acumuladores de ácido-chumbo, resultando numa duração muito superior. Funcionam com temperaturas muito baixas e recarregam-se com correntes elevadas, o que reduz o tempo de recarga.

São apropriadas para ambientes hostis. Podem ser completamente descarregadas e novamente recarregadas sem problemas de maior, a nível de vida útil da bateria. Aguentam sobrecargas elevadas, sendo pouco sensíveis às temperaturas e com manutenção reduzida.

Contudo, o seu preço inicial é mais elevado, e existe a necessidade de descarga total para prevenir o efeito de memória.

A sua eficiência fica-se entre os 60% a 75%.

- Baterias de Níquel-Hidreto Metálico (Ni-MH):

Este tipo de baterias são uma evolução das baterias anteriores com a vantagem de não possuírem efeito de memória.

- Baterias de íões de lítio (Li-ion):

O princípio de funcionamento é idêntico às níquel-cadmio mas com eletrodos de lítio. Carregam com correntes elevadas, com reduzido tempo de recarga. São leves, fornecem muita energia e duram muito tempo. A gama de temperaturas é grande (-40°C a $+80^{\circ}\text{C}$)

O projeto de uma bateria para uma determinada aplicação depende dos seguintes requisitos do sistema [1]:

- Tensão e corrente
- Taxa e duração de carga e descarga
- Temperatura de funcionamento durante a carga e descarga
- Ciclos de carga e descarga
- Custos, tamanho e peso

Uma vez identificados os parâmetros enumerados, a escolha do design segue os seguintes passos:

- Selecionar a eletroquímica apropriada
- Determinar o número de células da série para satisfazer os requisitos de tensão
- Determinar a descarga em Ah necessária para atender à demanda de carga
- Determinar a profundidade máxima permitida de descarga em função do número de ciclos de cargas e descargas
- Determinar o número de baterias necessárias em paralelo com a capacidade Ah total
- Determinar o aumento de temperatura e os controlos térmicos necessários

2.7.4- Controladores de carga

Estes controladores têm como principal função o controlo da carga das baterias de forma a evitar sobrecargas [5].



Figura 2.21 - Exemplo de um controlador de carga [F16].

Controlador On/off:

Também conhecido por controlador série, este controlador interrompe a entrega de potência do módulo, através de um relé ou semicondutor, voltando a fechar o circuito após uma determinada redução de tensão.

Este tipo de comutações criam oscilações da tensão perto da tensão máxima de carga, assim como perdas permanentes de energia.

Controlador PWM:

Também conhecidos por controlador Shunt, este controlador reduz continuamente a potência do módulo a partir do momento em que é atingida a tensão máxima de carga da bateria.

Neste caso, a corrente é regulada e curto-circuitada através do elemento Shunt. A energia é dissipada sob a forma de calor.

Os módulos podem tomar assim a corrente de curto-circuito sem problemas, sofrendo somente um ligeiro aquecimento.

Este método é ideal para a bateria, uma vez que o carregamento é feito de forma totalmente eficiente e em total segurança.

Controlador MPP

Uma vez que a tensão da bateria determina o ponto operacional da curva característica do gerador fotovoltaico, e por essa razão raramente funcionar no ponto MPP, os dois controladores anteriormente falados não conseguem fazer sempre o melhor aproveitamento da energia solar disponível.

Para evitar tais perdas, o melhor é a utilização de um sistema de rastreamento MPP, consistindo num conversor DC/DC regulado. Essa regulação é feita pelo MPP, que varre a curva característica e determina o ponto MPP.

Isto faz com que o conversor DC/DC é regulado para tomar a máxima potência disponível, ajustando por outro lado o sinal de saída em função da tensão de carga da bateria.

Este tipo de conversor tem uma eficiência entre 90 a 96%.

Devido à maior complexidade do sistema, o preço é superior, o que limita a sua utilização para potências fotovoltaicas superiores.

2.7.5- Cabos

Cabos do gerador:

Estes cabos, frequentemente designados por cabos de módulos ou cabos de fileira, são os condutores que fazem a interligação entre os módulos individuais dos geradores solares e a respetiva caixa de junção.

Este tipo de cabos geralmente são aplicados no exterior.

De modo a se garantir proteções contra falhas de terra e curto-circuitos, os condutores (+ e -) não podem ser colocados juntos no mesmo cabo.

Pelo que se tem demonstrado, os cabos monocondutores com isolamento duplo são a melhor escolha.

Todavia, a versão normalizada destes cabos apenas permitem temperaturas na ordem dos 60°C. Uma vez que os fabricantes de telhas têm medido temperaturas na ordem dos 70°C nos telhados, são usados cabos solares.

Estes cabos solares são apropriados para temperaturas entre os -55°C e os 125°C, isto é, para um largo espectro, mostrando grande resistência ao clima e ultravioletas

Cabos principal DC:

Este cabo tem a função de ligar a caixa de junção do gerador e o inversor.

Caso se verifique que a caixa de junção se encontre no exterior, o tipo de cabo usado tem que ser entubados, tendo em conta que não são resistentes aos raios ultravioleta.

Os cabos de policloreto de vinilo (PVC) sempre que possível não devem ser usados no exterior.

No motivos inerentes às proteções contra falhas de terras e curto-circuitos, o uso de cabos monocondutores isolados é recomendado. Caso se opte por cabos multicondutores, o condutor verde/amarelo não deve estar sujeito a qualquer tensão.

Se o sistema fotovoltaico estiver exposto a situações de risco por incidência de relâmpagos, os cabos devem ser blindados.

Cabos de ligação AC:

Este cabo tem a função de ligar, em corrente alternada, o inversor à rede receptora de energia, através de um equipamento de proteção.

Se os inversores forem monofásicos é usado um cabo de três polos, e se os inversores forem trifásicos é usado um cabo de cinco polos.

2.7.6- Díodos, Fusíveis, Interruptores DC e protecções AC

Díodos:

Para além dos díodos colocados nas caixas de junção dos módulos fotovoltaicos podem se encontrar em projetos, díodos no Quadro Geral.

Estes díodos tem por finalidade promover o desacoplamento entre as série dos módulos, para que caso ocorra um curto-circuito ou o sombreamento de uma fileira, as restantes possam continuar a funcionar normalmente.

A tensão de bloqueio destes díodos deverá ser igual ao dobro da tensão de circuito aberto da fileira sob condições CTS.

Este elemento, para além de provocar perdas na produção de energia na ordem dos 0,5% a 2% devido à queda de tensão, também pode provocar a falha de toda a fileira associada se um diodo for danificado.

Por essa razão de perdas de energia, nos sistemas sombreados, a produção de energia para sistemas que têm diodos de bloqueio não é muito maior que os sistemas que não os possuem.

As perdas devido às correntes inversas são compensadas pela perdas originadas pelas quedas de tensão nos diodos. Neste caso, é necessário ter atenções a nível de: módulos serem do mesmo tipo, ter proteção classe II, devem suportar 50% da corrente de curto-circuito quando polarizados inversamente, e a queda de tensão deve ser menor que 5%.

Fusíveis:

Para proteger os módulos e os cabos das séries de sobrecargas, são colocados fusíveis em todos os condutores ativos. Deve-se garantir que estes fusíveis são concebidos para funcionar em DC.

Interruptor DC:

Todos os quadros elétricos a prever na instalação fotovoltaica, deverão estar providos de um interruptor DC não só para ser utilizado como corte de energia elétrico mas também para serem operados em trabalhos de manutenção e reparação.

O interruptor principal DC deve ter capacidade suficiente de poder de corte para permitir a abertura do circuito DC em condições de segurança, bem como estar dimensionado para a U_{oc} e I_{cc} .

Equipamento de proteção AC e aparelhos de medida:

- Disjuntor: aparelhos de proteção contra sobreintensidades que podem voltar a ser rearmados depois de dispararem. Isolam automaticamente o sistema fotovoltaico da rede elétrica caso exista uma sobrecarga ou um curto-circuito. Estes dispositivos automáticos são frequentemente usados como interruptores AC [1].
- Disjuntores diferenciais: aparelhos de proteção sensíveis à corrente residual-diferencial. Estes dispositivos estão atentos à corrente que flui nos condutores de ida e de volta do circuito elétrico. Em caso da diferença ultrapassar um certo valor de corrente, estes atuam isolando o circuito rapidamente. Este dispositivo disparará se ocorrer uma falha de isolamento, um contato direto ou indireto [1].

Os aparelhos de medida devem permitir a contagem bidirecional de toda a energia elétrica produzida para ser entregue à rede elétrica pública. Este tipo de contagem é necessário para evitar e prevenir que o distribuidor de energia seja lesado na alimentação de equipamentos de consumo.

2.7.7- Caixa de junção

As fileiras individuais são ligadas entre si na caixa de junção do gerador. Nestas caixas são ainda ligados o cabo principal DC e caso seja preciso, o cabo condutor equipotencial.

Estas caixas de junção contêm terminais, aparelhos de corte e fusíveis de fileira e díodos de bloqueio. Por norma, é também instalado um descarregador de sobretensões para a terra.

Este tipo de caixa deve ser de proteção classe II. No caso de esta ficar no exterior, deverá estar protegida, com um mínimo de proteção IP54.

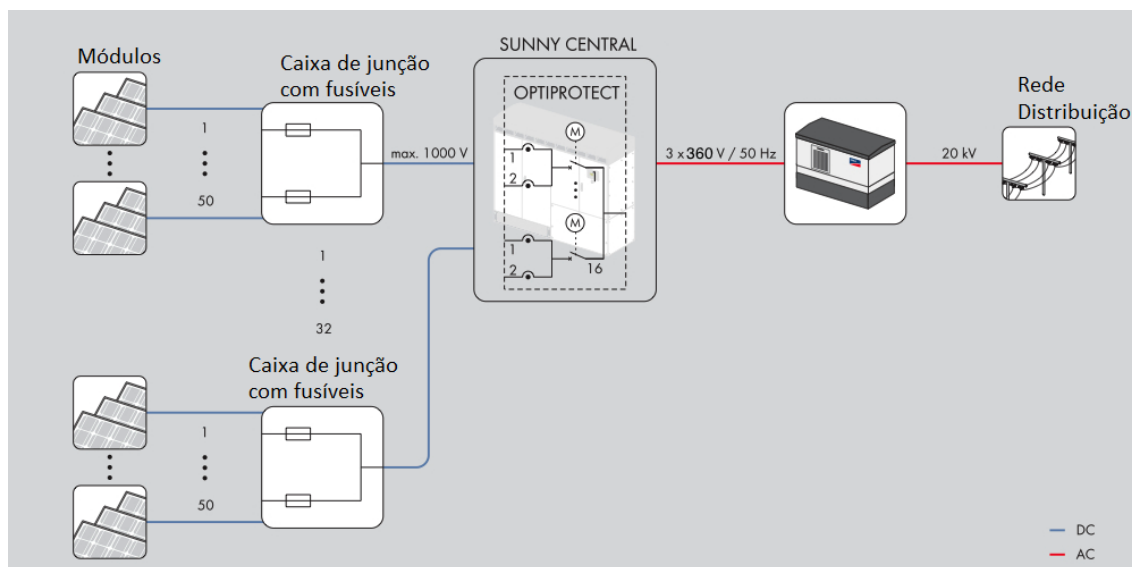


Figura 2.22 - Diagrama dos circuitos BT DC e BT AC e circuito MT [F17].

Capítulo 3

Esquematização de projetos para sistemas fotovoltaicos integrados na rede

3.1 - Análise do local de instalação

O planeamento de um sistema fotovoltaico requer um conhecimento apropriado do local de modo a ser efetuado um correto dimensionamento.

Uma observação desse mesmo local possibilita uma avaliação prévia sobre condições que existem, transmitindo à partida se a instalação de um sistema fotovoltaico nesse local é aconselhável ou não.

Como primeiro passo, deve-se ter em conta se o local em causa é apropriado, enunciando uma alternativa caso seja desapropriado. Assim evitam-se erros de planeamento e de cálculo do custo global do sistema a instalar.

Temas como o traçado da rede da cablagem do sistema, instalação do gerador fotovoltaico, entre outros, devem ser alguns dos temas a abordar com o cliente.

3.1.1- Potenciais sombreamentos

Quando se trata de avaliar o sombreamento em grandes sistemas, ou caso se queira obter uma maior precisão, pode-se efetuar uma análise de sombreamentos, por diversas formas, tais como: analisador de sombras, mapa da trajetória solar numa transparência ou plano do local juntamente com um mapa da trajetória solar.

Quando é utilizado um plano do local e um mapa da trajetória solar, é calculada a distância e as respetivas dimensões da projecção da sombra pelos objetos. Desde essa informação é calculado o ângulo de elevação bem como o ângulo de azimute, tal como indicado na Figura 3.1.

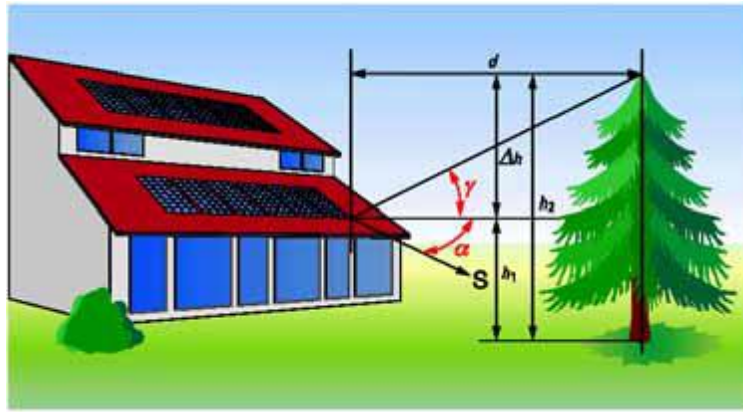


Figura 3.1- Determinação do ângulo de elevação e o ângulo de azimute de um objecto [F18].

É através da diferença entre a altura do objecto que projecta a sombra, da altura do sistema fotovoltaico e da diferença entre os dois, que se calcula o ângulo de elevação.

Para isso é necessário desdobrar a equação (3.1):

$$\tan \gamma = \frac{h_2 - h_1}{d} \quad (3.1)$$

de modo a chegar à equação (3.2):

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{h_2 - h_1}{d} \right) \quad (3.2)$$

onde h_1 é a altura da instalação fotovoltaica, h_2 é a altura do objeto, d é a distância entre ambos e γ é o ângulo solar.

Para todos os objectos circundantes ao gerador fotovoltaico obtém-se o ângulo de elevação, sendo necessário conhecer a altura e a distância dos objectos a partir do local de observação. O azimute dos objectos pode ser calculado a partir da Figura 3.1 ou a partir do plano do local.

No caso dos sombreamentos serem causados pelas árvores, é dado um factor de transmissão.

Este depende do tipo de árvores e toma o valor de:

- $t = 0,30$ para coníferas
- $t = 0,23$ para árvores de folhas caducas no Verão
- $t = 0,64$ para árvores de folhas caducas no Inverno

Este factor de transmissão tem como objetivo a especificação da quantidade de radiação solar que passa através da árvore e é tido em conta em alguns programas de simulação [3].

Sombreamentos em centrais fotovoltaicas pela própria instalação:

Normalmente neste tipo de sistemas os painéis assentam sob uma estrutura, tal como apresentado na Figura 3.2, com um determinado ângulo óptimo de inclinação, com a função de maximização da radiação incidente no painel.



Figura 3.2 - Exemplo de estrutura com ângulo óptimo de inclinação

Em Portugal, a inclinação para as instalações situam-se em torno dos 30°, uma vez que é o ângulo que maximiza a radiação incidente anual.

Para instalar o painel fotovoltaico é preciso calcular essa distância de separação de estruturas, observável na Figura 3.3:

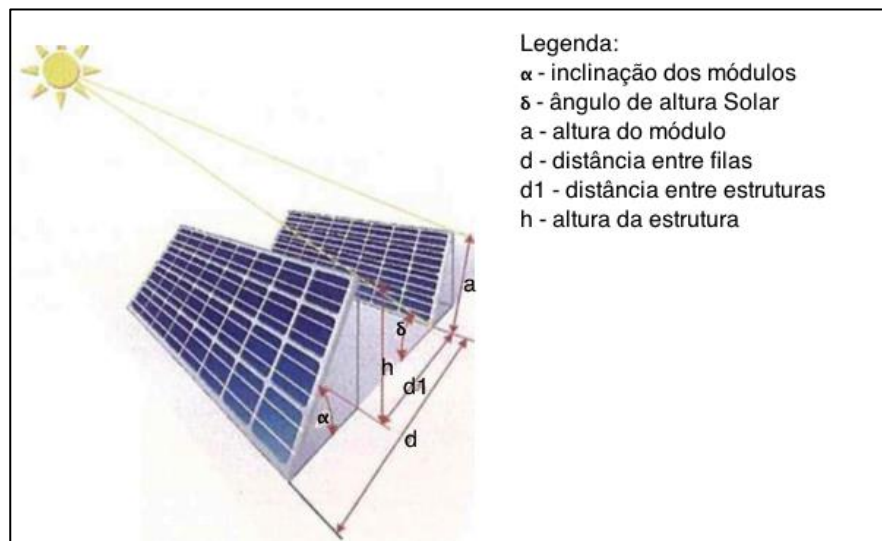


Figura 3.3 - Espaçamentos entre filas para evitar sombreamentos [F18]

Emprega-se o factor de utilização de área, para especificar a utilização de uma área concreta. Este é definido como a diferença entre a largura do módulo e a distância entre as filas de módulos. É calculado através da equação (3.3).

$$f = \frac{a}{d} \quad (3.3)$$

onde f é o factor de utilização, a é a altura do painel fotovoltaico e d é a distância entre filas.

Normalmente tem-se por resultado um factor de utilização de área entre 0 e 1, ou seja entre 0% e 100%, sendo que se o factor de utilização for de 100% pode ocorrer uma sombra mutua entre as filas individuais de módulos.

Com um pequeno ângulo de inclinação o sombreamento é menor e a área pode ser melhor utilizada. Por outro lado, nesse caso a produção solar anual diminui.

Normalmente opta-se por um ângulo de inclinação entre 20 e 50 graus e um fator de utilização de área entre 35 e 45% [3].

A distância entre filas é calculada através da equação (3.4):

$$d = a \times \frac{\sin 180^\circ - \beta - \gamma}{\sin \gamma} \quad (3.4)$$

onde d é a distância entre filas, a é a altura do painel, β é o ângulo de inclinação do painel e γ é o ângulo de elevação.

3.2 - Análise aos equipamentos a usar

3.2.1- Módulos fotovoltaicos

Depois de ser conhecido o local de implementação do sistema, deve-se começar por escolher os equipamentos a usar, nomeadamente os painéis solares.

Sobre estes, a escolha irá recair em virtude do tipo de material e do tipo de módulo, sendo que se pode observar mais detalhes na Tabela 2.2.

3.2.2- Inversores

A escolha de um inversor central para utilização única numa instalação para todo o sistema fotovoltaico, foi prática recorrente.

No entanto, com o aumento da potência nominal dos sistemas, a instalação de diversos inversores de menor tamanho verificou-se mais assertiva. Como tal, conforme o tipo de utilização, as diferentes configurações possuem vantagens e desvantagens, tanto a nível económico como no que respeita à sua fiabilidade [3].

Potência:

A quantidade de inversores é obtida através do tipo e da potência estimada do sistema fotovoltaico. No geral o rácio de potência entre o inversor e a potência do sistema fotovoltaico é 1:1.

No entanto podem existir desvios, que ficam no intervalo:

$$\text{Intervalo Potência: } 0,7 \times P_{PV} < P_{INV\ DC} < 1,2 \times P_{PV}$$

A existência de cargas térmicas verificadas nos inversores integrados nos módulos bem como nos inversores de cadeia de módulos, tendo em conta o local de montagem dos mesmos, acarreta um aumento da potência desses mesmos inversores quando comparados com a potência do sistema fotovoltaico.

Outro pormenor importante prende-se com a utilização de painéis de silício amorfo. O desempenho superior em 15% da potência nominal no período inicial, bem como uma tensão 11% superior à tensão nominal e corrente operacional 4% superior durante o período de degradação, obriga a ter em consideração estas questões aquando do seu dimensionamento.

Podem-se ter casos em que seja preferível a potência do inversor ser ligeiramente inferior à potência do gerador fotovoltaico, considerando para isso, o baixo rendimento dos inversores para níveis de potência inferiores a 10% da potência nominal.

Em termos reais, a potência operacional dos sistemas fotovoltaicos, isto é, a potência entregue por estes sistemas, é de aproximadamente 50% da potência nominal. O sub-dimensionamento dos inversores traduz assim em prática, a manutenção de níveis elevados de rendimento (>90%) mesmo na presença de níveis de irradiância solar baixos.

Contudo o sub-dimensionamento do inversor acarreta assegurar condições mínimas de segurança em situações de sobrecarga, sendo que a tensão em nenhum momento pode ultrapassar a tensão máxima de entrada do inversor.

Tensão:

Numa fileira, a soma das tensões individuais dos módulos ligados em série resulta na amplitude da tensão no inversor.

Todavia a temperatura é determinante para o dimensionamento das situações de operação extremas (Verão e Inverno), tendo em conta que a tensão do módulo e total do gerador dependem da mesma.

Não menos importante no dimensionamento do sistema é o ajuste do intervalo de operação do inversor em função da curva característica do gerador.

O intervalo MPP do inversor deve conter então os pontos MPP da curva característica para as diversas temperaturas.

Não esquecendo também a importância da tensão limite de operação e tensão máxima admissível do inversor.

a) Número de módulos por fileira (máximo)

Quando se está perante baixas temperaturas (-10°C), a tensão de funcionamento do módulo cresce até atingir um máximo de tensão de circuito aberto.

Se, por algum motivo, o inversor for desligado num dia de sol no Inverno, a tensão de circuito aberto irá ser muito alta para o sistema poder ser ligado novamente em segurança. Para que não seja danificado, esta tensão deve ser menor que a tensão DC máxima admissível do inversor [3].

Deste modo, o valor máximo de módulos conectados em série é obtido através da divisão da tensão máxima admissível no inversor pela tensão de circuito aberto do módulo à temperatura de -10°C :

$$n_{max} = \frac{U_{Max}^{INV}}{U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}^{Painel}} \quad (3.5)$$

onde n_{max} é o número máximo de painéis por fileira, U_{Max}^{INV} é a tensão máxima admissível pelo inversor e $U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}^{Painel}$ é a tensão do painel para uma temperatura de -10°C .

Muitas vezes não vem especificado nos detalhes entregues pelos fabricantes a tensão de circuito aberto dos módulos à temperatura de -10°C mas sim a variação da tensão ΔU em percentagem (%) ou em tensão (mV) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Então, para se calcular a tensão de circuito aberto do módulo à temperatura de -10°C , partindo das condições de referência CTS, é necessário:

- Para ΔU em % / $^{\circ}\text{C}$

$$U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}^{Painel} = \left[1 - \frac{35 \times \Delta U}{100} \right] \times U_{OC}^{CTS} \quad (3.6)$$

- Para ΔU em mV / $^{\circ}\text{C}$

$$U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}^{Painel} = -35^{\circ}\text{C} \times \Delta U \quad (3.7)$$

Se não forem fornecidos nenhum dos dados anteriormente enunciados, é possível determinar o valor correspondente através da análise de certas características intrínsecas.

Para uma temperatura de -10°C a tensão sofre um aumento de 14% face às condições de referência (CTS).

$$U_{OC(-10^{\circ}\text{C})}^{Painel} = 1,14 \times U_{OC}^{CTS} \quad (3.8)$$

b) Número de módulos por fileira (mínimo)

Por outro lado, quando os módulos se encontram em telhados, facilmente estão sujeitos a temperaturas superiores a 70°C .

Quando se está perante estas temperaturas, a tensão de funcionamento do módulo diminui relativamente à verificada em condições CTS.

Se essa tensão cair para valores inferiores à tensão MPP mínima, o inversor vai ter a sua eficiência comprometida, podendo no pior caso, provocar o corte do inversor [3].

Isso leva a que o sistema tenha que ser dimensionado de tal modo que numa fileira, o número mínimo de módulos ligados em série, derive da divisão entre a tensão mínima MPP de entrada do inversor e a tensão MPP do módulo à temperatura de 70°C , isto é:

$$n_{min} = \frac{U_{MPP_min}^{INV}}{U_{MPP(70^{\circ}\text{C})}^{Painel}} \quad (3.9)$$

onde n_{min} é o número mínimo de painéis por fileira, $U_{MPP_min}^{INV}$ é a tensão mínima MPP de entrada do inversor e $U_{MPP(70^\circ C)}^{Painel}$ é a tensão MPP do módulo para uma temperatura de 70°C.

Muitas vezes não vem especificado nos detalhes entregues pelos fabricantes o MPP a 70°C mas sim a variação da tensão ΔU em percentagem (%) ou tensão (mV) em função da temperatura (°C).

Então, para se calcular a tensão MPP nas condições de referencia CTS, é necessário:

- Para ΔU em % / °C

$$U_{MPP(70^\circ C)}^{Painel} = \left[1 + \frac{45 \times \Delta U}{100} \right] \times U_{MPP(CTS)}^{Painel} \quad (3.10)$$

- Para ΔU em mV / °C

$$U_{MPP(70^\circ C)}^{Painel} = 45 \times \Delta U + U_{MPP(CTS)}^{Painel} \quad (3.11)$$

Se não for fornecido nenhum dos dados anteriormente enunciados é possível determinar o valor correspondente através da análise de certas características intrínsecas.

Para uma temperatura de 70°C a tensão sofre uma diminuição de 18% face às condições de referência (CTS) [3].

$$U_{MPP(70^\circ C)}^{Painel} = 0,82 \times U_{MPP(CTS)}^{Painel} \quad (3.12)$$

Todavia a temperatura máxima da célula fotovoltaica é obtida tendo em conta o local do módulo. Se estes se encontrarem em telhados ou fachadas sem ventilação as temperaturas podem atingir valores de 100°C. Quando esta situação ocorrer, o número mínimo de painéis por fileira é obtido através das expressões anteriores, com a alteração do valor da temperatura para o valor em questão.

Corrente:

Em nenhum momento se pode ultrapassar o limite máximo da corrente de entrada do inversor. Para isso, é necessário calcular um número máximo de fileiras, que deverá ser igual ou inferior à divisão do valor máximo da corrente do inversor, pelo valor da corrente da fileira de módulos, isto é:

$$N_{max}^{Fileira} = \frac{I_{max}^{INV}}{I_n^{Fileira}} \quad (3.13)$$

onde $N_{max}^{Fileira}$ é o número máximo de fileiras, I_{max}^{INV} é a corrente máxima DC que o inversor admite e $I_n^{Fileira}$ é a corrente nominal de cada fileira.

No caso do inversor ser sub-dimensionado, a frequência de operação com correntes excessivas de entrada deve ser verificada, de modo a permitir que se avaliem a existência de

sobrecargas, sejam elevadas ou ligeiras. Este tipo de regime de operação traduz-se num envelhecimento precoce do inversor ou mesmo a destruição de componentes electrónicos [3].

3.3 - Dimensionamento de cabos

O dimensionamento dos cabos tem que contar com três critérios fundamentais:

- Cumprimento dos limites fixados pela tensão nominal
- Cumprimento dos limites fixados pela corrente máxima admissível
- Minimização de perdas na linha

A tensão dos sistemas fotovoltaicos, normalmente não ultrapassa a tensão nominal dos cabos normalizados, onde as tensões se situam entre 300V e 1000V.

A corrente máxima admissível dos condutores é influenciada pela temperatura ambiente, pelo agrupamento de condutores e de cabos, e pelo encaminhamento dos cabos (tal como interior de tubagens). Para uma dada temperatura ambiente de referência, os fabricantes fornecem tabelas das correntes máximas admissíveis dos cabos e dos condutores. Então, para determinação das correntes máximas admissíveis reais da instalação, os valores deverão ser multiplicados pelos respetivos factores de correção associados.

O dimensionamento da secção dos cabos é um processo sobre o qual deve incidir a necessidade de minimização de perdas resistivas. A norma Alemã VDE 0100 Parte 712 (1998) sugere que a queda de tensão máxima no circuito, para condições de referência CTS, não deve ser superior a 1% da tensão nominal do sistema fotovoltaico. Limitam-se assim as perdas a 1% de potência via cabos DC do sistema fotovoltaico [3].

Assume-se então uma queda de 1% + 1% para a queda máxima total admissível, isto é, queda de tensão no cabo de fileira e queda de tensão no cabo principal respetivamente.

A corrente de serviço determina-se assim com as condições de irradiância, sendo que esta é por geral, menor que a corrente nominal do sistema, para condições de referência CTS.

Para valores de corrente iguais a metade da corrente nominal, as perdas resultante são um quarto das perdas sob condições nominais, sendo calculadas pela expressão:

$$P_M = [I_{ns}]^2 \times R \quad (3.14)$$

em que P_M é a potência de perdas, R é a resistência dos cabos e I_{ns} é a corrente nominal do gerador.

Por essa razão, quando se considera um limite de dimensionamento para uma queda de tensão de 2% espera-se que as perdas totais anuais na parte DC não sejam maiores que 1%.

3.3.1- Cabos de fileira

O cabo de fileira está responsável por estabelecer a conexão entre os vários painéis fotovoltaicos da fileira e a caixa de junção.

De acordo com a norma europeia IEC 60364-7-712, o cabo de fileira tem que ser capaz de transportar 1,25 vezes a corrente de curto-circuito do gerador (3.15) e estar protegido contra falhas de terra e curto-circuitos.

$$I_{CABO}^{Transportar} = 1,25 \times I_{CC}^{PV} \quad (3.15)$$

onde $I_{CABO}^{Transportar}$ é a corrente que o cabo deve ser capaz de transportar e I_{CC}^{PV} é a corrente de curto-circuito do gerador.

Depois de calculada a corrente que o cabo deve ser capaz de transportar, efetua-se a escolha do mesmo, tendo em conta a corrente máxima admissível pelo mesmo. A corrente máxima suportada pelo cabo deve ser maior que a corrente a qual deve efectivamente transportar.

$$I_Z \geq I_{CABO}^{Transportar} \quad (3.16)$$

onde I_Z é a corrente máxima suportada pelo cabo e $I_{CABO}^{Transportar}$ é a corrente que o cabo deverá ser capaz de transportar.

Depois de determinar a secção do cabo, este deve confrontado com a verificação de queda de tensão de 1%.

Assumindo o mesmo comprimento para todos os cabos de fileira, pode-se calcular a secção do cabo, respeitando o 1% através das equações:

$$S_{Cabo} = \frac{2 \times L_{Cabo} \times I_n^{Fileira}}{1\% \times U_{MPP} \times \kappa} \quad (3.17)$$

$$S_{Cabo} = \frac{2 \times L_{Cabo} \times (I_n^{Fileira})^2}{1\% \times P_{Fileira} \times \kappa} \quad (3.18)$$

$$S_{Cabo} = \frac{2 \times L_{Cabo} \times P_{Fileira}}{1\% \times U_{MPP}^2 \times \kappa} \quad (3.19)$$

onde S_{Cabo} é a secção do cabo, L_{Cabo} é o comprimento do cabo, $I_n^{Fileira}$ é a corrente nominal da fileira, U_{MPP} é a tensão MPP, κ é a condutividade elétrica do material (34 para alumínio e 56 para o cobre) e $P_{Fileira}$ é a potencia da fileira em condições de referencia (CTS).

O valor obtido deve ser arredondado para o maior valor aproximado das secções nominais dos cabos standard (2.5mm², 4mm², 6mm²).

A determinação das perdas totais nos cabos do sistema fotovoltaico, pode ser calculada através das equações:

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{Cabo} \times (I_n^{Fileira})^2}{S_{Cabo} \times \kappa} \quad (3.20)$$

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{Cabo_Fileira} \times P_{Fileira}^2}{S_{Cabo_Fileira} \times U_{MPP}^2 \times \kappa} \quad (3.21)$$

onde P_M é a potência de perdas e N é o número de fileiras do gerador.

No entanto, diferentes configurações do sistema fotovoltaico correspondem a diferentes comprimentos dos cabos, o que traduz normalmente em secções diferentes entre os cabos. Nessa situação, deve-se usar a equação (3.22) para calcular as perdas.

$$P_M = \frac{2 \times (I_n^{Fileira})^2}{\kappa} \times \left(\frac{L_{Cabo_1}}{S_{Cabo_1}} + \frac{L_{Cabo_2}}{S_{Cabo_2}} + \dots \right) \quad (3.22)$$

3.3.2- Cabo principal DC

O cabo principal DC é o cabo que faz a ligação entre a caixa de junção e o inversor. Deve ser por isso capaz de transportar a corrente máxima produzida pelo gerador fotovoltaico. Adaptando a norma europeia IEC 60364-7-712, o cabo principal DC deve ser dimensionado para suportar 1,25 vezes a corrente de curto-circuito em condições CTS.

$$I_{CABO}^{Transportar} = 1,25 \times I_{CC}^{PV} \quad (3.23)$$

Depois de calculada a corrente que o cabo deve ser capaz de transportar, efectua-se a escolha do mesmo, tendo em conta a corrente máxima admissível pelo mesmo. A corrente máxima suportada pelo cabo deve ser maior que a corrente a qual deve efectivamente transportar.

$$I_Z \geq I_{CABO}^{Transportar} \quad (3.24)$$

onde I_Z é a corrente máxima suportada pelo cabo e $I_{CABO}^{Transportar}$ é a corrente que o cabo deverá ser capaz de transportar.

As perdas máximas de potência no cabo devem ser optimizadas para um valor máximo de 1%. Para se calcular essa secção é então utilizada a equação (3.27):

$$S_{Cabo} = \frac{2 \times L_{Cabo} \times I_n^2}{(FP \times P_{FV} - P_M) \times \kappa} \quad (3.25)$$

onde FP é o fator de perdas (1% ou 2% para tensão reduzidas), L_{Cabo} corresponde ao comprimento do cabo, I_n é a corrente nominal do gerador, P_{FV} é a potência nominal do gerador, P_M é a potência de perdas e κ é a condutividade elétrica do material (34 e 56 para alumínio e cobre, respetivamente).

Tal como para o cabo de fileira, no cabo principal o valor calculado para a secção é arredondado para o valor aproximado das secções normalizadas.

As respetivas perdas são calculadas em função da secção escolhida, através de:

$$P_{DC} = \frac{2 \times L_{Cabo} \times I_n^2}{S_{Cabo} \times \kappa} \quad (3.26)$$

$$P_{DC} = \frac{2 \times L_{Cabo} \times P_{Fileira}^2}{S_{Cabo} \times U_{MPP}^2 \times \kappa} \quad (3.27)$$

onde P_{DC} é a potência de perdas no cabo DC, $P_{Fileira}$ é a potência da fileira nas condições de referência e U_{MPP} é a tensão para o MPP.

De modo a que a proteção de terra e de curto-circuito, recomenda-se o uso de cabos isolados. No caso de os cabos serem multipolares, o condutor de proteção deve ter cor amarelo/verde e não deve estar sujeito a nenhuma tensão.

Nos locais em que os sistemas fotovoltaicos estão instalados e existe risco potencial de descargas atmosféricas, deve ser usados cabos com blindagem [3].

3.3.3- Cabo de alimentação AC

O cálculo da secção do cabo de alimentação admite uma queda de tensão máxima admissível não superior a 3% com referência a tensão nominal da rede.

O tipo de secção é influenciado pelo tipo de ligação à rede elétrica, ou seja, consoante a ligação seja monofásica (3.28) ou trifásica (3.29).

Para potências fotovoltaicas até 5kWp, normalmente são utilizadas secções de cabo até 6mm².

Para além disso, é necessário ter em conta que a impedância da rede aos terminais do inversor não seja superior a 1,25 Ohm. Esta situação resulta numa resistência adicional para o cabo do inversor. Calcula-se através do comprimento e secção do cabo AC.

Instalações monofásicas:

$$S_{Cabo_AC} = \frac{2 \times L_{Cabo_AC} \times I_{n_AC} \times \cos \varphi}{3\% \times U_{ns} \times \kappa} \quad (3.28)$$

As perdas no cabo, em função da secção escolhida são obtidas através de:

$$P_{AC} = \frac{2 \times L_{Cabo_AC} \times I_{n_AC}^2 \times \cos \varphi}{S_{Cabo_AC} \times \kappa} \quad (3.29)$$

onde S_{Cabo_AC} é a secção do cabo, L_{Cabo_AC} é o comprimento do cabo, I_{n_AC} é a corrente nominal, $\cos \varphi$ é o factor de potência do inversor, U_{ns} é a tensão nominal simples e κ é a condutividade elétrica do material (34 para o alumínio, 56 para o cobre).

Instalações trifásicas:

$$S_{Cabo_AC} = \frac{\sqrt{3} \times L_{Cabo_DC} \times I_{n_AC} \times \cos \varphi}{3\% \times U_{nc} \times \kappa} \quad (3.30)$$

As perdas no cabo, em função da secção escolhida são obtidas através de:

$$P_{AC} = \frac{\sqrt{3} \times L_{Cabo_AC} \times I_{n_AC}^2 \times \cos \varphi}{S_{Cabo_AC} \times \kappa} \quad (3.31)$$

onde S_{Cabo_AC} é a secção do cabo, L_{Cabo_AC} é o comprimento do cabo, I_{n_AC} é a corrente nominal, $\cos \varphi$ é o factor de potência do inversor, U_{nc} é a tensão nominal composta e κ é a condutividade elétrica do material (34 para o alumínio, 56 para o cobre).

3.4 - Dimensionamento de proteções

Nos cabos das fileiras, deve-se ter em atenção à proteção individual dos cabos uma vez que a corrente de curto-circuito é aproximadamente a mesma que a corrente nominal da fileira. Por essa razão, o tipo de fusíveis que é possível usar para proteção dos cabos de fileiras contra curto circuitos é condicionada.

Essa secção dos cabos protegidos pelos fusíveis pode ser determinada a partir da corrente limite de não fusão do fusível da fileira.

Nesta situação a corrente máxima permitida no cabo deve ser superior à corrente nominal do aparelho de proteção e inferior à corrente limite de não fusão do mesmo.

Por outro lado, esta corrente limite de não fusão não pode ser superior a 1,15 vezes a corrente do cabo como definido em:

$$I_n \leq I_Z \leq I_{nf} \leq 1,15 \times I_Z \quad (3.32)$$

onde I_n é a corrente nominal do fusível, I_Z é a corrente máxima admissível pelo cabo e I_{nf} é a corrente de não fusão do fusível.

Com o objetivo de se evitarem cortes intempestivos, a corrente do fusível terá que ser 1,25 vezes maior que a corrente nominal da fileira [3].

$$I_n \geq 1,25 \times I_n^{Fileira} \quad (3.33)$$

onde $I_n^{Fileira}$ é a corrente nominal da fileira.

Uma vez que pode ocorrer uma falha de isolamento nos dois condutores ativos, positivo e negativo, os fusíveis devem proteger todos os condutores de fase. Para o condutor de protecção poderão ser usados tantos fusíveis como disjuntores. Contudo, deve-se verificar se os disjuntores são adequados para o funcionamento numa linha DC.

Os cabos de corrente alternada são protegidos por disjuntores. Estes devem respeitar normas impostas pelas R.T.I.E.B.T.

Verifica-se assim que os dispositivos de proteções contra sobrecargas devem satisfazer as seguintes condições:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (3.34)$$

$$I_f \leq 1,45 \times I_Z \quad (3.35)$$

onde I_B é a corrente de serviço do circuito, I_n é a corrente de nominal do disjuntor, I_z é a corrente admissível pelo cabo e I_f é a corrente convencional de funcionamento do disjuntor [3].

3.5 - Descargas atmosféricas

3.5.1- Diretas

A probabilidade de uma edificação vir a ser atingida por um raio torna-se possível de calcular através das suas dimensões, informação ambiental e índice ceráunico.

Na generalidade, um sistema fotovoltaico integrado num telhado de edifício não aumenta o risco desse mesmo edifício vir a ser atingido por descargas atmosféricas diretas. Por esse motivo não é forçosamente necessário a instalação adicional de protecção contra descargas atmosféricas.

Visto isto, apenas em alguns casos particulares poderá ser necessária a instalação de um sistema próprio de protecção contra descargas atmosféricas.

Estes sistemas são compostos por vários equipamentos para deter e escoar a descarga, tais como dispositivo de captação, um condutor de escoamento da descarga (secção mínima 16mm² cobre), sistema de ligação à terra.

Contudo, deverá respeitar as normas do Guia Prático de Pára-Raios, editado pela (DGEG).

3.5.2- Indiretas

Quando um raio atinge uma determinada área, os efeitos criados por cada impacto fazem-se sentir num perímetro de 1km. Esta situação conduz-nos a uma probabilidade muito maior de um prédio vir a ser atingido nestas condições, que diretamente. Estes efeitos indiretos são maioritariamente representados por acoplamentos indutivos, capacitivos e galvânicos, levando à criação de transitórios para os quais os equipamentos devem estar protegidos.

O raio pode ser acoplado indutivamente tanto nos módulos fotovoltaicos, nos cabos dos módulos ou no cabo DC. O acoplamento nos módulos com armações metálicas é aproximadamente metade dos que não contêm armações metálicas. Com a função de diminuir o acoplamento nos condutores ativos, estes devem encontrar-se o mais junto quanto possível um do outro. Nesta situação a protecção contra curto-circuitos deve estar corretamente assegurada.

Nos sistemas fotovoltaicos que estão expostos a situações de descargas atmosféricas, recomenda-se a utilização de cabos isolados blindados. Como mínimo, a secção do cabo blindado deve ser de 16mm². O extremo superior da blindagem deve estar ligado à subestrutura metálica de apoio às armações dos módulos pelo traçado mais curto.

No caso dos cabos usados não serem blindados, devem se ligar aos condutores ativos descarregadores de sobretensão, com uma corrente nominal de descarga de 10kA. Para os

cabos blindados, podem se usar descarregadores de sobretensão para uma corrente de fugas de 1kA.

Estes tipos de descarregadores têm a função de proteger os módulos fotovoltaicos e os dispositivos electrónicos do acoplamento indutivo e capacitivo bem como da ocorrência de sobretensões existentes na rede eléctrica pública.

Depois da ocorrência de cada tempestade, o operador deve efetuar uma inspeção visual dos descarregadores. No entanto, deve-se efetuar uma inspeção de 6 em 6 meses para verificar o estado do equipamento.

3.6 - Ligações à terra e equipotenciais

O condutor de terra ou proteção deve ser encaminhado pelo o caminho mais curto para o eléctrodo de terra, com preferência em linha vertical e reta. Deve ser separado dos outros cabos devido aos riscos de descargas laterais e de indução.

Os condutores de proteção dos geradores fotovoltaicos situados em edifícios que não possuem sistema de proteção contra descargas atmosféricas devem ter a mesma secção que o cabo principal DC ou um mínimo de 4mm² conforme a secção maior dos dois.

Além destes condutores, podem ser usados outros componentes, tais como:

- esqueleto metálico da estrutura do prédio;
- o aço reforçado de ligação contínua da estrutura de betão armado do prédio;
- fachadas, carris e subestruturas das fachadas de metal desde que as suas dimensões venham ao encontro do que é regulamentado para os condutores de descida e a sua espessura não seja inferior a 0,5mm ou exista uma ligação eléctrica condutiva na direcção vertical;

Os condutores neutro e de proteção não devem, em nenhuma situação, ser usados como condutores de terra ou eléctrodos de terra.

O circuito de proteção deve ser feito de acordo com os seguintes tipos:

- ligação ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas do edifício
- ligação ao circuito de proteção de terra do edifício
- ligação a um eléctrodo de terra vertical ou inclinado colocado a uma distância de profundidade de 0,8m e a 1m de distância das fundações

3.7 - Ligação à rede eléctrica pública

3.7.1- Estabelecimento da ligação

Mesmo existindo regulamentos sobre os critérios de ligação de um sistema fotovoltaico à rede eléctrica pública, não se encontram estabelecidas as ligações que o inversor deve ter para a ligação ser autorizada.

É com o operador de rede que este tipo de questões deve ser encontrada e resolvida.

Os pontos de maior interesse a rever prendem-se com o controlo da qualidade do sinal elétrico injetado na rede, tanto em termos de harmónicos, fator de potência e desvio da tensão, frequência e fase.

A compatibilidade entre a rede e o sistema vai depender, não só da potência da instalação e capacidade da linha, como também da impedância do ponto de interligação.

Essa mesma impedância é medida via um instrumento de medida adaptado para medir resistências entre a fase e o condutor neutro e não deverá ser superior a determinado valor.

No ramal monofásico, a resistência entre a saída do inversor e o ponto de ligação à rede receptora é calculado através de:

$$R_{AC} = \frac{2 \times L_{cabo_AC}}{S_{cabo_AC} \times \kappa} \quad (3.36)$$

onde R_{AC} é a resistência do circuito de corrente alternada no sistema, L_{cabo_AC} é o comprimento do cabo AC, S_{cabo_AC} é a secção do cabo AC e κ é a condutividade elétrica do material (34 e 56, para alumínio e cobre respetivamente).

A impedância do sistema vista pelo inversor, resulta da soma entre a impedância da rede elétrica e da impedância do ramal.

A proteção da interligação tem como função a de impedir que o sistema de produção possa perturbar a rede de recepção.

A ligação do sistema à rede elétrica pública não deve provocar variações significativas na rede. Pode-se avaliar esta condição pelo cálculo do aumento de tensão no ponto de interligação. Se o resultado for menos que 1% possivelmente a ligação não provoca grandes perturbações.

Pode-se também avaliar esta condição pelo cálculo do rácio entre a potência de curto-circuito no ponto de interligação e a potência máxima aparente AC do sistema fotovoltaico.

A potência mínima de curto-circuito é a fornecida pelo concessionário da rede de recepção.

Segundo o GTPIEE (“Guia técnico de produção independentes de energia elétrica”), a escolha da ligação a uma rede de baixa tensão ou de média tensão deve ser escolhida conforme:

$$\begin{aligned} \text{BT quando: } S &\leq 0,1\text{MVA e } S_{CC}^{min} \geq 25 \times S \\ \text{MT quando: } S &> 0,1\text{MVA e } S_{CC}^{min} > 20 \times S \end{aligned}$$

onde S é a potência aparente do sistema fotovoltaico, BT é baixa tensão e MT é média tensão.

3.7.2- Proteção de interligação

A ligação de um sistema fotovoltaico à rede elétrica receptora deve ser feita através de um equipamento de corte de segurança, que permitam isolar a instalação de produção [3].

Sistema ENS/MSD:

Este tipo de dispositivos consistem num sistema de monitorização continua da rede e de abertura automática de dois aparelhos de corte à saída do inversor.

Estes dois aparelhos de corte encontram-se colocados em série e são ativados em paralelo, tendo assim proteção redundante.

O funcionamento destes dispositivos é baseado na medição continua da impedância do sistema, logo detecção de falhas de potência por variação muito rápida da impedância.

As variações da tensão e da frequência acima de determinado valor limite, os defeitos de isolamento ou de terra e cortes à rede receptora são logo detetados fazendo com que os interruptores abram automaticamente.

Contudo, não se dispensa o uso de um órgão de corte de segurança de comando manual, para o isolamento da instalação de produção durante os trabalhos de inspeção, manutenção ou de reparação.

Capítulo 4

Sistema desenvolvido: Central Fotovoltaica de 4.5MWp

Entre os diversos projetos realizados pela Jayme da Costa, encontra-se em realização uma central de 4.5MWp, com localização na França.

É sobre este projeto que se vai realizar um estudo das componentes BT DC e BT AC do sistema fotovoltaico, isto é, disposição dos inversores e painéis, análise e dimensionamento dos cabos a usar, bem como as respetivas proteções.

Uma vez que é necessário realizar o projeto de ligação à rede, procedeu-se também à análise e dimensionamento dos cabos MT AC.

Tabela 4.1 – Informação geral sobre a Central

Parque	Sansuère
Potência Total (KWp)	4500
Ligação MT	20kV @ 150mm ² , em antena + H3 + DEIE

De salientar que a escolha dos equipamentos se prende, não so por razões técnicas mas também por questões económicas, prazos de entrega dos fornecedores, entre outras.

4.1 - Lado BT

4.1.1- Configuração do sistema

Os cálculos para o dimensionamento e configuração do sistema são baseados nas características do equipamento para instalação, nomeadamente dos módulos fotovoltaicos e dos inversores.

Módulos fotovoltaicos:

A escolha dos módulos fotovoltaicos recaiu sobre os Jinko JKM 250P 60.

As suas características podem ser observadas parcialmente na tabela seguinte, sendo que a restante informação se encontra em [6]:

Tabela 4.2 – Informação sobre os Painéis Fotovoltaicos

Marca	JINKO
Modelo	JKM 250P 60
P máx. (W)	250
Altura (mm)	1636
Largura (mm)	990
Peso (kg)	18
U mpp (V)	30,4
U Voc (V)	37,6
U Voc + 15% (V)	43,24
I mpp (A)	8,23
I sc (A)	8,81
I sc + 25% (A)	11,0125
Secção do Cabo (mm ²)	4

De forma a se alcançar a potência prevista para a central e uma vez que já se sabe qual o módulo a ser usado, torna-se necessário quantificar esse número.

O número de painéis a usar é obtido pela equação (4.1):

$$N_{\text{painéis}} = \frac{P_{\text{Central}}}{P_{\text{painel}}} \quad (4.1)$$

onde $N_{\text{painéis}}$ é número de painéis a usar na central, $P_{\text{painéis}}$ é a potência do painel escolhido e P_{Central} é a potência prevista para a central.

Tendo em conta as características dos painéis e recorrendo à equação (4.1) vão ser necessários 18000 painéis para se atingir a potência indicada para a central.

Inversores:

Os inversores escolhidos para acomodar os painéis são os SMA SC800CP XT. A escolha destes inversores recaiu devido à grande potência do sistema. As suas características podem ser observadas parcialmente na tabela seguinte, sendo que a restante informação se encontra em [7]:

Tabela 4.3 – Informação principal do inversor

Marca	SMA
Modelo	SC 800CP XT
Comprimento (mm)	2562
Altura (mm)	2279
Largura (mm)	956
Peso (kg)	1800
<hr/>	
Tensão MPP (V)	535 - 850
Tensão Máxima DC (V)	1000
Entrada (DC) Corrente máxima DC (A)	1400
Tensão nominal entrada (V)	620
Número MPP independentes	1
<hr/>	
Potência nominal AC (kVA)	800
Saída (AC) Tensão AC nominal (V)	360
Corrente saída AC (A)	1411
<hr/>	

A configuração da instalação BT deve respeitar, além do mais, as seguintes condições:

- Tensão máxima da fileira dos painéis
- Gama de tensão MPPT do inversor
- Corrente máxima de entrada permitida pelo inversor

Número máximo de painéis por fileira:

A determinação do número máximo de painéis em série por fileira é fundamental para garantir que a tensão dos módulos é sempre inferior à tensão máxima admissível, ou seja 1000V. Isto é a máxima tensão de entrada para o inversor e a maioria dos restantes equipamentos de baixa tensão da instalação fotovoltaica, como módulos, cabos e interruptores que são desenhados para um nível de isolamento de 1000V.

Nos sistemas fotovoltaicos, o nível de tensão presente mais elevado é a tensão em circuito aberto, Voc. Esta situação acontece quando há, por exemplo, “*grid’s failure*”. Enquanto não houver uma tensão de referência AC, os inversores desligam e o sistema fotovoltaico está em circuito aberto.

Portanto, a tensão em circuito aberto é normalmente calculada para uma temperatura mínima de -10°C o que é a temperatura considerada como mínima para a localização da instalação.

A equação (4.2) permite determinar o valor da tensão de acordo com a temperatura:

$$U_{OC(-10^{\circ}C)}^{Painel} = \left[1 - \frac{35 \times \Delta U}{100} \right] \times U_{OC}^{CTS} \quad (V) \quad (4.2)$$

Substituindo os valores em (4.2) obtém-se o seguinte resultado:

$$U_{OC(-10^{\circ}C)}^{Painel} = 41,15 \quad (V) \quad (4.3)$$

Com o conhecimento deste valor pode-se fazer uma substituição na equação (4.4) de modo a obter o número máximo de módulos em série:

$$n_{max} = \frac{U_{Max}^{INV}}{U_{OC(-10^{\circ}C)}^{Painel}} = \frac{1000}{41,15} = 24,30 \quad (4.4)$$

O número máximo de painéis solares em série é 24.

Número mínimo de módulos por fileira:

O número de mínimo de módulos por fileira é caracterizado pela tensão mínima de entrada no inversor, obtido quando a temperatura do módulo é máximo.

Pode-se estimar uma temperatura máxima de 70°C para os painéis solares.

A equação (4.5) permite determinar o valor da tensão de acordo com a temperatura:

$$U_{MPP(70^{\circ}C)}^{Painel} = \left[1 + \frac{45 \times \Delta U}{100} \right] \times U_{MPP(CTS)}^{Painel} \quad (V) \quad (4.5)$$

Substituindo os valores em (4.5) obtém-se o seguinte resultado:

$$U_{MPP(70^{\circ})} = 26,71 \quad (V) \quad (4.6)$$

Com o conhecimento deste valor, pode-se fazer uma substituição na equação (4.7), e obter o mínimo número de módulos em série:

$$n_{min} = \frac{U_{MPP,min}^{INV}}{U_{MPP(70^{\circ}C)}^{Painel}} = \frac{535}{26,71} = 20,03 \quad (4.7)$$

O número mínimo de painéis solares em série é 21.

Corrente máxima por inversor:

As fileiras fotovoltaicas estão conectadas em paralelo às caixas de junção antes de entrarem no inversor. Estas conexões causam um aumento da corrente que varia de acordo com o número de fileiras conectadas em paralelo.

O inversor tem uma corrente de entrada máxima que tem de ser respeitada. De forma a não exceder esse valor máximo, é necessário determinar o número de conexões de fileiras em paralelo por inversor.

A corrente máxima DC de entrada por cada inversor SMA SC 800CP XT é de 1400A.

O valor da corrente que cada fileira gera é o I_{MPP} de cada módulo, ou seja, igual a 8,23A.

Portanto, o número máximo de fileiras conectadas a cada inversor SMA SC 800CP XT é de:

$$N_{max}^{Fileira} = \frac{I_{max}^{INV}}{I_n^{Fileira}} = \frac{1400}{8,23} = 170,11 \quad (4.8)$$

Conclui-se assim que o número máximo de fileiras por inversor é de 170.

4.1.2- SMA Sunny Design

O *Sunny Design* é um software desenvolvido pela SMA.

Através da simples entrada de parametros básicos do sistema, este software ajuda os instaladores a visualizar as diferentes possibilidades da central fotovoltaica, escolhendo a configuração óptima de forma fácil e rápida.

O Sunny Design contém a informação mais importante de todos os inversores desta marca (SMA), bem como da maior parte dos módulos fotovoltaicos existentes.

Distribuição dos painéis pelos respectivos inversores:

A distribuição dos painéis pelos inversores nem sempre é linear.

O tipo de mesas e a sua colocação ao longo da área disponível influencia o número de painéis que vão ser distribuídos pelos inversores existentes no sistema.

Tabela 4.4 – Informação sobre as mesas de colocação de painéis

Marca	Jayme da Costa
Modelo	3V8 / 3V12
Inclinação	25°
Número de Painéis	24 / 36
Número de linhas	3
Número de colunas	8 / 12

Neste sistema, optou-se por uma distribuição de fileiras do seguinte modo:

- Inversor 1.1: 151 fileiras
- Inversor 1.2: 154 fileiras
- Inversor 2.1: 152 fileiras
- Inversor 2.2: 148 fileiras
- Inversor 3.1: 145 fileiras

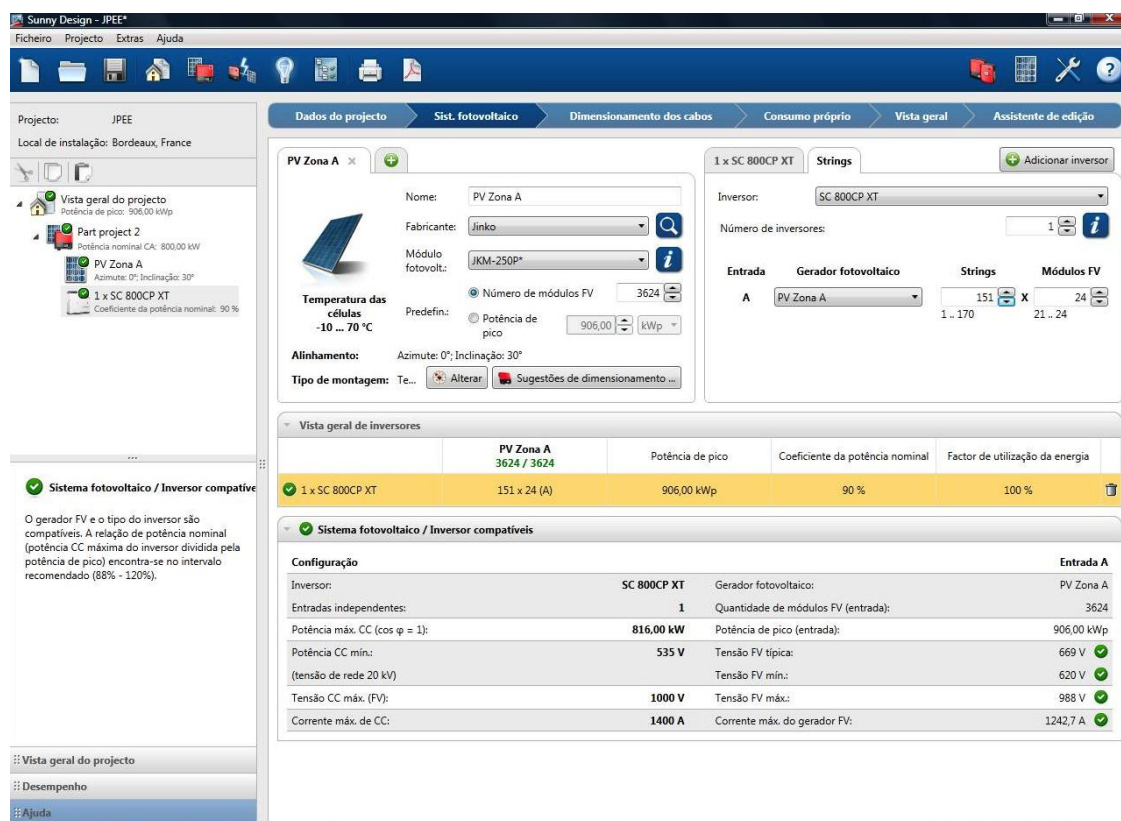


Figura 4.1- Configuração para o Inversor 1.1 através do SMA Sunny Design

A conformidade deste tipo de disposição pode ser verificado através do SMA Sunny Design.

Na Figura 4.1 pode-se observar a compatibilidade entre o inversor escolhido e os números de painéis a ele ligados para o caso do inversor 1.1.

Para as restantes configurações, os dados encontram-se em Anexo VI.

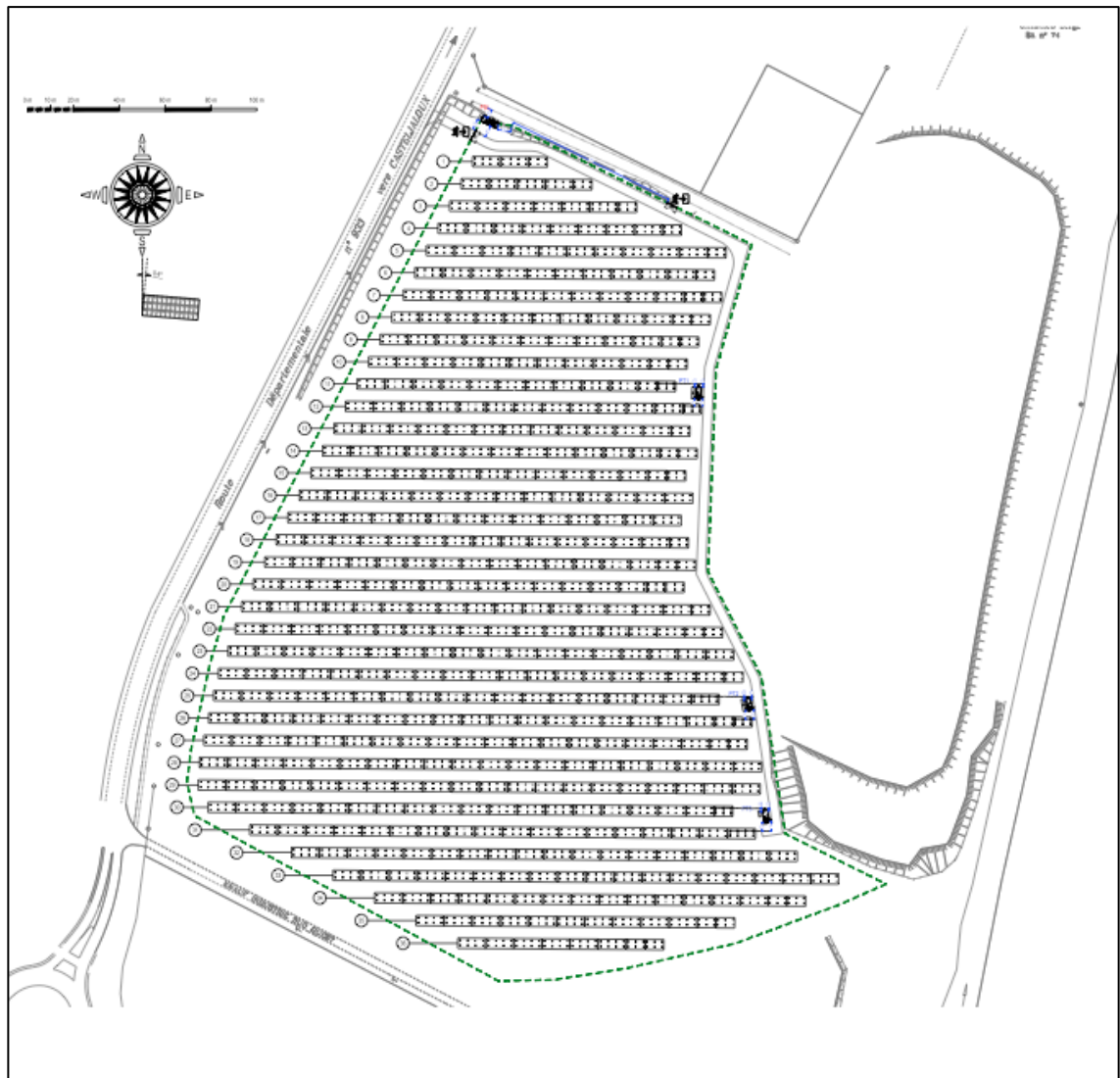


Figura 4.2- Configuração do sistema após colocação dos painéis e inversores na área disponível

4.1.3- Determinação da secção dos condutores

A escolha de secção nominal dos condutores por fases do cabo ou do conductor ativo é baseado na metodologia que tenta encontrar o compromisso entre varias condições:

- Intensidade a ser transportada pelos cabos
- Adequação dos cabos ao meio da instalação
- Características da instalação
- Queda de tensão admissível
- Regime de curto-circuito
- Variações de carga

Quando se quer determinar a secção, os primeiros cálculos dizem respeito à corrente.

Aí, e considerando o tipo de cabo a usar, escolhe-se a secção que permite transportar essa corrente, de igual ou superior valor.

Se as condições de instalação são diferentes daquelas mencionadas nas tabelas das características da família do cabo, o valor da corrente máxima admissível presente na tabela tem que ser corrigido de acordo com os respetivos factores de correção.

Depois disso, considerando o valor máximo da queda de tensão da instalação, encontra-se a secção mínima que garante a queda de tensão de valor igual ou inferior ao indicado.

Com a secção calculada, deve-se garantir que o cabo suporta a corrente em qualquer modo de operação possível e deve-se garantir a queda de tensão máxima não é excedida.

Cabo de fileira:

O comprimento dos cabos de fileira variam em função da sua própria localização.

É então calculada a secção mínima para o cabo de maior comprimento, recorrendo-se para isso à expressão (3.17).

No exemplo seguinte, apresenta-se o cálculo para o pior caso do inversor 3.1:

Tendo em conta que o maior comprimento é de 138m, localizado entre a caixa de junção de 15 fileiras e o sistema fotovoltaico, e considerando os valores apresentados nas características dos módulos, tem-se:

$$S_{cabo} = \frac{2 \times 138 \times 8,23}{1\% \times (24 \times 30,4) \times 56} \quad (4.9)$$

$$S_{Cabo_{Fileira}(minima)} = 5,56 \text{ mm}^2 \quad (4.10)$$

Verificado a secção mínima do cabo, a secção escolhida para este caso é de:

$$S_{Cabo_{Fileira}} = 6 \text{ mm}^2 \quad (4.11)$$

De modo a existir uma uniformidade nos cabos de fileira usados na central, optou-se pela escolha do cabo ZZ-F (AS) Cu 6mm² para todos os cabos de fileira.

Os cálculos para os restantes cabos encontram-se apresentados em Anexo I.



Figura 4.3 - Cabo ZZ-F (AS) 6mm²

Proteção dos módulos PV contra as correntes inversas e cabos de fileira:

Tendo em conta a norma UTE-C-15-712-1, em uma instalação com várias séries de módulos fotovoltaicos em paralelo, os módulos devem ser protegidos contra os efeitos de correntes inversas.

Se o sistema fotovoltaico é constituído por uma única fileira, a corrente inversa de defeito não existe, logo não é necessário nenhum dispositivo de protecção contra sobrecorrentes.

Se o sistema fotovoltaico é constituído por duas fileiras paralelas, a corrente inversa máxima que pode circular através do cabo de defeito pode ir até $1,25 I_{CC}$ em condições CTS. Os módulos das fileiras são capazes por si sós de suportar não sendo necessário qualquer dispositivo de protecção contra sobreintensidades.

Se o sistema fotovoltaico é composto de cadeias paralelas N_c ($N_c > 2$), a corrente máxima inversa que pode fluir através do cabo de defeito pode valer até $(N_c - 1) 1,25 I_{CC}$ em condições CTS.

Um dispositivo de protecção de fileiras contra sobreintensidades só é exigida se o número de fileiras do gerador N_c é maior do que N_{cmax} (número máximo de fileiras em paralelo desprotegidas) [8].

Neste sistema, tem-se:

- Corrente de curto-circuito dos módulos nas condições CTS:

$$I_{CC}^{CTS} = 8,81 A \quad (4.12)$$

- Número de fileiras por dispositivos de protecção

$$N_p = 1 \quad (4.13)$$

- Corrente atribuída a cada dispositivo de protecção

$$N_p \times 1,4 \times I_{CC}^{CTS} = 12,33 A \quad (4.14)$$

- Corrente inversa máxima (fornecida pelo fabricante do painel)

$$I_{RM} = 15 A \quad (4.15)$$

O fusível a utilizar tem que cumprir os seguintes requisitos:

$$I_n > N_p \times 1,4 \times I_{CC}^{CTS} \quad (4.16)$$

$$I_n \leq I_{RM} \quad (4.17)$$

O fúsivel a usar é então de 15A.

Torna-se também importante verificar o que se passa para a proteção do cabo de fileira.

Tendo em conta o tipo de cabo instalado, isto é ZZ F (AS) 6mm², e uma vez que ele é igual em todas as fileiras, pode-se observar [8]:

- Corrente admissível do cabo sem correções:

$$I_z = 70A \quad (4.18)$$

- Factor de correção k_1 , k_2 e k_3 :

$$k_1 = 1 ; k_2 = 0.8 ; k_3 = 1 \quad (4.19)$$

- Corrente máxima admissível:

$$I'_z = I_z \times k_1 \times k_2 \times k_3 \quad (4.20)$$

Tendo em conta a corrente máxima admissível, obtida através da equação (4.20), isto é 56A, o fusível a usar tem que respeitar a condição:

$$I'_z \geq I_n \quad (4.21)$$

Uma vez que o fusível escolhido anteriormente era de 15A, este respeita a condição (4.21)

Cabo principal DC:

O cabo principal DC deve ser capaz de transportar a corrente máxima produzida pelo gerador fotovoltaico.

Tendo em conta a norma IEC 60364-7-712 é de esperar que o cabo principal DC seja dimensionado para 1,25 vezes a corrente de curto-circuito do gerador sob condições CTS.

No exemplo seguinte, apresenta-se o cálculo para o caso, do inversor 1.1 (152 string)
Através da aplicação da equação (3.25):

$$S_{cabo} = \frac{2 \times 112 \times 57,61^2}{(1\% \times 42000 - 98,37) \times 34} \quad (4.22)$$

$$S_{cabo} = 52,18mm^2 \quad (4.23)$$

Tendo em conta os diversos tipos de configurações a nível de caixas de junção, bem como aos respetivos comprimentos, as secções normalizadas obtidas eram muitas. Como se

pretende melhorar quedas de tensão e perdas, a escolha recai sobre 2 tipos de cabos a usar: Harmohny XZ1 Al (S) com secções de 150mm² e 240mm².

O cabo de 240mm² é usado sempre que o resultado da equação (3.25) indique como secção mínima normalizada uma secção de 150mm² ou superior.

O cabo de 150mm² é usado nas restantes situações, isto é, sempre que o resultado da equação (3.25) indique como secção mínima normalizada uma secção máxima de 120mm².

Desta forma melhoram-se quedas de tensão e diminuem-se as perdas nos condutores.

No caso (4.23) a secção escolhida foi de 150mm² com fusível de 125A.

Para os restantes cabos, os cálculos apresentam-se em Anexo II.

Interruptor principal DC:

Deve ser instalado um aparelho de corte geral, de acordo com a norma europeia IEC 60364-7-712, para corte geral entre o gerador fotovoltaico e o inversor.

Este deve ser dimensionado para uma tensão máxima de circuito aberto do sistema à temperatura de -10°C, bem como para 1,25 vezes a corrente constante de curto circuito.

Como verificado anteriormente,

$$U_{oc(-10^{\circ}C)} = 41,15 \text{ V} \quad (4.24)$$

Tendo que em conta que cada fileira é sempre composta por 24 módulos, a tensão aos terminais é:

$$U_{DC} = 24 \times 41,15 = 987,6 \text{ V} \quad (4.25)$$

Em relação à corrente

$$I_{cc(154strings)} = 154 \times 8,81 = 1356,74 \text{ A} \quad (4.26)$$

Aplicando os 25% à corrente anteriormente calculada, tem-se,

$$I_{DC} = 1695,93 \text{ A} \quad (4.27)$$

O interruptor a escolher deve se capaz de operar nas condições anteriormente calculadas, pelo que em termos de características, deve ter: tensão (1000V) e corrente (2000A).

Cabo principal AC:

Nos cabos de corrente alternada, a queda de tensão permitida é até 3% face à queda de tensão da rede. Contudo, este cálculo foi feito para uma queda de tensão máxima de 1%.

Uma vez que a saída dos inversores é trifásica, para se calcular a secção é usada a formula:

$$S_{Cabo_AC} = \frac{\sqrt{3} \times L_{Cabo_DC} \times I_{n_AC} \times \cos \varphi}{1\% \times U_n \times \kappa} \quad (4.28)$$

Neste sistema fotovoltaico, os inversores encontram-se num edifício junto ao edifício dos PT's.

A distância linear entre inversor e PT é de 5 ou 10 metros consoante o ondulator seja o que se encontra mais perto do PT ou mais afastado, mais 3 metros de subida para o PT e mais 1,5 metros de subida para o inversor.

Em suma, a distância pode variar entre os 9,5m e os 14,5m.

$$S_{Cabo_AC} = \frac{\sqrt{3} \times 14,5 \times 1411 \times 1}{0,01 \times 360 \times 56} \quad (4.29)$$

$$S_{Cabo_AC \min} = 175,78 \text{ mm}^2 \quad (4.30)$$

Após verificação da secção mínima, optou-se pela colocação de cabo NSGAFOU de secção 300mm², por fase.

4.2 - Lado AT

4.2.1- Determinação da secção dos condutores

Através de uma observação ao layout da central fotovoltaica, conclui-se que o caso mais desfavorável para o cálculo do cabo AT é para o caso entre o PDL e o PT1.

Nesse troço, o comprimento situa-se nos 200m e a potência nos 4000kVA.

Correntes de Serviço:

Em primeiro ponto torna-se necessário efectuar o cálculo da corrente de serviço.

Para isso utiliza-se a equação (4.31).

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} \quad (4.31)$$

onde I_s é a corrente de serviço, em A, S é a potência, em kVA e U é a tensão do lado primário do transformador, em kV.

Substituindo na equação (4.31) os respetivos valores, obtem-se:

$$I_s = \frac{4000}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} \quad (4.32)$$

A corrente de serviço resultante da equação (4.32) é 115,47A.

Secção mínima:

Após se saber a corrente de serviço, aplicam-se os respetivos factores de correção, para se encontrar a corrente de serviço corrigida, isto é:

- Coeficiente de correção para cabos enterrados (k1)
- Coeficiente de correção para 2 sistemas espaçados 25cm (k2)

Assim, ao valor resultante da equação (4.32), aplicam-se os factores de correção anteriormente mencionados na equação (4.33).

Como resultado:

$$I_{sc} = \frac{I_s}{k1 \times k2} \quad (4.33)$$

$$I_{sc} = \frac{115,47}{1 \times 0,85} \quad (4.34)$$

A corrente de serviço com os respetivos valores de correção resultante da equação (4.34) é de 135,85 A.

Para se determinar a secção mínima, é necessário saber:

1. Intensidade de corrente curto-circuito, em kA
2. Coeficiente alma do cabo (k=7 para Al, k=11 para Cu)
3. Duração do curto-circuito (seg)
4. Temperatura da alma condutora após o curto-circuito (qf), em °C
5. Temperatura da alma condutora antes do curto-circuito (qd), em °C

Aplicando a equação (4.35) :

$$S_{min} = \frac{I_{cc}}{k} \times \sqrt{\left(\frac{tcc}{qf - qd}\right)} \quad (4.35)$$

para os dados fornecidos, isto é:

1. 10kA
2. 7
3. 1 seg
4. 250°C
5. 90°C

A secção mínima é então:

$$S_{min} = \frac{10 \times 10^3}{7} \times \sqrt{\left(\frac{1}{250 - 90}\right)} \quad (4.36)$$

$$S_{min} = 112,94 \text{ mm}^2 \quad (4.37)$$

A secção do cabo escolhida é de 150mm^2 uma vez que a secção tem que ser superior a S_{min} . O cabo de 150mm^2 tem uma corrente admissível de 310A.

Como se pode verificar, a secção mínima (4.38) e a corrente de serviço (4.39) são inferiores aos valores apresentados pelo cabo.

$$112,94 \text{ mm}^2 < 150\text{mm}^2 \quad (4.38)$$

$$135,85\text{A} < 310\text{A} \quad (4.39)$$

Logo, pode-se concluir que nestes campos, o circuito apresenta-se em conformidade.

Verificação da queda de tensão:

Após a escolha do cabo, é necessário verificar se o critério da queda de tensão está em conformidade.

Para isso é necessário saber alguns parâmetros do cabo em questão, tais como:

- R, em W/km
- L, em mH/km
- Velocidade angular (ω), em Rad/s
- Indutância, em H
- Frequência, em Hz

A queda de tensão em V, é calculada pela formula (4.40):

$$\Delta U_{(V)} = \sqrt{3} \times I_{Sc} \times [(Rd \times \cos j) + (\omega Ld \times \sin j)] \quad (4.40)$$

em que:

$$\omega = 2 \times \pi \times f \quad , \text{com } f = 50 \quad (4.41)$$

$$Rd = R \times d \quad (4.42)$$

$$Ld = L \times d \quad (4.43)$$

Substituindo a equação com os respectivos valores:

$$\begin{aligned}\Delta U_{(V)} &= \sqrt{3} \times 135,85 \\ &\times \left[\left(\left[\frac{0,206}{1000} \times 200 \right] \times 0,90 \right) \right. \\ &\left. + \left(314,159 \times \left[\frac{0,350 \times 10^{-3}}{1000} \times 200 \right] \times 0,44 \right) \right] \end{aligned} \quad (4.44)$$

$$\Delta U_{(V)} = 11,0014 \text{ V} \quad (4.45)$$

O resultado da equação (4.45) em percentagem, resulta em (4.46):

$$\Delta U_{(\%)} = \frac{11,0014}{20 \times 10^3} \times 100 = 0,055\% \quad (4.46)$$

4.3 - Potência de perdas por efeito de Joule

As perdas por efeito de Joule encontram-se quantificadas tanto para os cabos DC como para os cabos AC.

Tabela 4.5 - Quantificação de Potência de perdas por efeito de Joule

	W	%
Cabo BT fileiras	15763,22	0,35
Cabo BT DC Principal	24124,03	0,54
Cabo BT AC Principal	11802,48	0,26
Total	51689,73	1,25

4.4 - Rede de terra

De acordo com o regulamento, o elétrodo pode ser constituído por um condutor enterrado horizontalmente.

Para este sistema, optou-se por colocar um condutor de cobre nu de 50mm² principal e ramificações de 25mm².

4.5 - Simulação da energia produzida pelo sistema (PVSYST)

O uso de ferramentas de apoio ao projeto de sistemas fotovoltaicos é fundamental para apresentar soluções credíveis e de qualidade.

A importância de conhecer a quantidade de energia elétrica produzida pela central, levou à utilização do PVSYST. O PVSYST é um software de simulação onde é possível configurar totalmente o sistema fotovoltaico.

Como dados de entrada, indicou-se a localização do sistema fotovoltaico, tipo de fixação de painéis, e seleção de inversores e painéis.

Na Tabela 4.5 pode-se observar os resultados apresentados pelo software sobre a produção de eletricidade para o sistema em questão.

Tabela 4.5 - Produção estimada pelo PVSYST (kWh)

Mês	Produção estimada
Janeiro	205465
Fevereiro	269710
Março	425279
Abril	520211
Maio	566594
Junho	592914
Julho	644339
Agosto	597635
Setembro	530991
Outubro	384222
Novembro	255065
Dezembro	184461
Total	5176887
Eficiência do Sistema	80,6%

Com o produto dos dados da Tabela 6 com a tarifa actualmente aplicada de cerca de 0,09€/kWh [9], pode-se obter o gráfico da Figura 4.4:

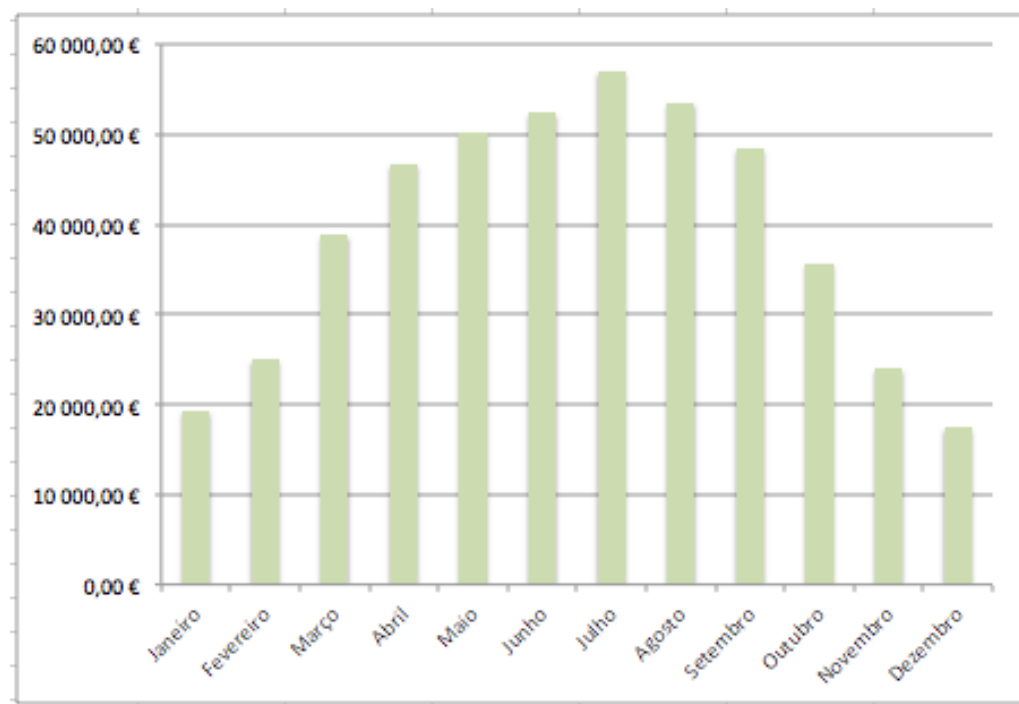


Figura 4.4 - Produção mensal do sistema fotovoltaico (€)

Através da soma dos valores mensais apresentados na Figura 4.4, chega-se ao valor anual de produção do sistema fotovoltaica de 468.697,59€

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos futuros

5.1 - Conclusões

A produção de energia elétrica com células fotovoltaicas é uma possibilidade atraente, por questões de não poluição e de carácter inesgotável.

Esta dissertação reflete o tema da energia solar fotovoltaica, com enfoque para os sistemas ligados à rede de grandes dimensões, ou seja, a grande produção fotovoltaica.

Como tal, foram abordados os mais variados componentes que a englobam tais como painéis, inversores, cabos, entre outros.

Os painéis podem ter por base tecnologias diferentes, que consequentemente conduzem a desempenhos e custos de aquisição diferentes. Os mais utilizados no mercado são de silício cristalino. Embora estes sejam considerados de primeira geração, o seu desempenho é bastante superior aos do tipo película fina.

A instalação deste tipo de sistemas podem ser feitas nos mais variados locais: telhados, junto ao solo, etc.

Quando construídos no solo, a possibilidade de otimizar o sistema é maior. Da possibilidade de escolha de mesas fixas onde pode otimizar as inclinações e orientação, até aos últimos modelos de seguidores solares de 2 eixos.

Uma questão que as inclinações acarretam são os sombreamentos. Aquando do dimensionamento deste tipo de sistemas, torna-se necessário ter em conta não só os tipos de sombreamentos causados por obstáculos externos ao sistema (árvores) como obstáculos do próprio sistemas tal como o sombreamento causado pela reduzida distância entre mesas.

A implementação e execução da instalação deve primar por uma aposta em condutores de secção adequada e boa performance, uma vez que estes são responsáveis por evitar perdas excessivas dependendo da secção utilizada.

Não menos importante é a existencia de software de apoio à decisão aquando da elaboração de um projeto deste tipo.

Do simples SMA Sunny Design que permite partir de inversores desta marca e conjuga-los aos mais diversos painéis existentes no mercado e verificar a sua compatibilidade, ao PVSYST que, para além de conjugar as funções do SMA extendido a todos as marcas de inversores, contem dados meteorológicos de diversos locais, permite definir sombreamentos, disposição

dos painéis no terreno, apresentar resultados de produção de energia e eficiência total do sistema.

5.2 - Desenvolvimentos futuros

Com a elaboração desta dissertação verificou-se a existência de pontos que ficaram por levantar.

Na elaboração do Capítulo 4 fica por utilizar o software de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos da *ALPI Caneco Solar*, que por questões de licenciamento do software não foi possível utilizar correctamente.

Na elaboração do Capítulo 4 fica também por fazer no PVSYST uma análise à produção de energia mas com a própria disposição do sistema introduzida no software, comparando os valores obtidos com os novos valores apresentados.

Por fim, verificar a viabilidade económica da implementação do sistema fotovoltaico que por razões de confidencialidade não foi possível apresentar neste trabalho.

Referências

- [1] Solar Energy International, “Photovoltaics: Design and Installation Manual”, New Society Publishers, 2004
- [2] Vitor Alexandre Moreira Alves, “Dimensionamento de sistemas de produção de eletricidade baseados em energia solar fotovoltaica”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Junho de 2008
- [3] Greenpro, “Energia Fotovoltaica - manual sobre tecnologias, projecto e instalação”, Janeiro 2004
- [4] Sorensen, Bent, “Renewable Energy”, Academic Press 2004
- [5] Tom Markvart e Luis Castañer, “Practical Handbook of Photovoltaics - Fundamentals and Applications”, Elsevier
- [6] http://www.jinkosolar.com/product_178.html
- [7] <http://www.sma.de/en/products/central-inverters/sunny-central-800cp-xt-850cp-xt-900cp-xt.html>
- [8] UTE C 15-712-1, “Guide Partique - Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution”, Julho 2010
- [9] <http://www.les-energies-renouvelables.eu/tarif-de-rachat-electricite-photovoltaïque-2011.html>
- [10] Claudio Monteiro, Slides de Apoio à disciplina de Energia Eólica e Solar, FEUP, 2007
- [11] Decreto-Lei nº 312/2001, da Republica Portuguesa de 10 de Dezembro
- [12] Decreto-Lei nº 68/2002, da Republica Portuguesa de 25 de Março
- [13] Decreto-Lei nº 33-A/2005, da Republica Portuguesa de 16 de Fevereiro
- [14] Decreto-Lei nº 363/2007, da Republica Portuguesa de 2 de Novembro
- [15] Decreto-Lei nº 118-A/2010, da Republica Portuguesa de 25 de Outubro
- [16] Decreto-Lei nº 132-A/2010, da Republica Portuguesa de 21 de Dezembro
- [17] Decreto-Lei nº 34/2011, da Republica Portuguesa de 8 de Março
- [18] Josué Lima de Moraes, “Sistemas Fotovoltaicos da Teoria à Prática
- [19] Lorenzo, E, “Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos VOL II”, Progensa 2006

- [20] Mukund R. Patel, “Wind and Solar Power Systems - Design, Analysys, and Operation”, CRC Taylor Francis, 2005
- [21] UTE 15-105-1, “Guide Pratique - Détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection”, Julho 2003

Figuras:

- [F1] Disponível em <http://www.ffi-solar.com/index.php?lang=PT&page=referencias#>
- [F2] Disponível em http://www.accion-a-energia.es/media/315790/Central%20solar%20fotovoltaica%20de%20Amareleja_Portugu%C3%A9s.pdf
- [F3] Disponível em <http://www.dgeg.pt>
- [F4] Disponível em <http://cleantechnica.com/2012/05/31/in-depth-germanys-22-gw-solar-energy-record/2012-05-25-germany-pv-solar-record/>
- [F5] Disponível em <http://solargis.info/doc/88>
- [F6] Disponível em <http://www.volker-quaschning.de/articles/fundamentals1/index.php>
- [F7] Disponível em <http://www.solarplots.info/pages/definitions.aspx>
- [F8] Disponível em <http://www.solvolt.com/main.asp?cont=casa>
- [F9] Disponível em <http://www.volker-quaschning.de/articles/fundamentals3/figure3.gif>
- [F10] Disponível em <http://www.renewableenergyworld.com/rea/blog/post/2012/07/monocrystalline-or-polycrystalline>
- [F11] Disponível em <http://www.ecorete.it/solare-pannelli-fotovoltaici-moduli-amorfo-fv40.php>
- [F12] Disponível em <http://energiadosol.net/v2/sistema-isolado.html>
- [F13] Disponível em <http://gandaresa.com/images/microgeracao.gif>
- [F14] Disponível em http://www.jinkosolar.com/product_178.html
- [F15] Disponível em <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html>
- [F16] Disponível em <http://antusol.webcindario.com/sistema-fotovoltaico.html>
- [F17] Disponível em <http://www.sma.de/en/products/central-inverters/sunny-central-800cp-xt-850cp-xt-900cp-xt.html>
- [F18] Greenpro, “Energia Fotovoltaica - manual sobre tecnologias, projecto e instalação”, Janeiro 2004

Anexos I

3	Inversor nº:	Nº de Strings na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Filera (A)	U mpp (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PM (W)	PM (W) por Caixa de Junção
4												
5	1.1	7.1	1	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	23.384	
6	1.1	7.1	2	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
7	1.1	7.1	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
8	1.1	7.1	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	98.374
9	1.1	7.1	5	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
10	1.1	7.1	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
11	1.1	7.1	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
12	1.1	7.2	1	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	23.384	
13	1.1	7.2	2	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
14	1.1	7.2	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
15	1.1	7.2	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	98.374
16	1.1	7.2	5	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
17	1.1	7.2	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
18	1.1	7.2	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
19	1.1	8.1	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
20	1.1	8.1	2	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
21	1.1	8.1	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
22	1.1	8.1	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	128.612
23	1.1	8.1	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
24	1.1	8.1	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
25	1.1	8.1	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
26	1.1	8.1	8	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
27	1.1	8.2	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
28	1.1	8.2	2	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	23.384	
29	1.1	8.2	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
30	1.1	8.2	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	128.612
31	1.1	8.2	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
32	1.1	8.2	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
33	1.1	8.2	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
34	1.1	8.2	8	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
35	1.1	8.3	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
36	1.1	8.3	2	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	23.384	
37	1.1	8.3	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
38	1.1	8.3	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	128.612
39	1.1	8.3	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
40	1.1	8.3	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
41	1.1	8.3	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
42	1.1	8.3	8	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
43	1.1	8.4	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
44	1.1	8.4	2	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	23.384	
45	1.1	8.4	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
46	1.1	8.4	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	128.612
47	1.1	8.4	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
48	1.1	8.4	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
49	1.1	8.4	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
50	1.1	8.4	8	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15.724	
51	1.1	8.5	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
52	1.1	8.5	2	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	23.384	
53	1.1	8.5	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	
54	1.1	8.5	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	128.612
55	1.1	8.5	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.273	

Figura I.1 - Folha de cálculo do dimensionamento (1/15) de cabos de fileira

3	Inversor n.º:	N.º de Strings na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I (fios) (A)	U msp (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PM (W)	PM (W) por Caixa de Junção
4												
56	11	8,5		39	8,23	729,6		2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
57	11	8,5	7	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
58	11	8,5	8	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
59	11	9,1	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
60	11	9,1	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
61	11	9,1	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
62	11	9,1	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
63	11	9,1	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
64	11	9,1	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
65	11	9,1	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
66	11	9,1	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
67	11	9,1	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
68	11	9,2	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
69	11	9,2	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
70	11	9,2	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
71	11	9,2	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
72	11	9,2	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
73	11	9,2	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
74	11	9,2	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
75	11	9,2	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
76	11	9,2	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
77	11	9,3	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
78	11	9,3	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
79	11	9,3	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
80	11	9,3	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
81	11	9,3	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
82	11	9,3	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
83	11	9,3	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
84	11	9,3	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
85	11	9,3	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
86	11	9,4	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
87	11	9,4	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
88	11	9,4	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
89	11	9,4	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
90	11	9,4	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
91	11	9,4	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
92	11	9,4	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
93	11	9,4	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
94	11	9,4	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
95	11	9,5	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
96	11	9,5	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
97	11	9,5	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
98	11	9,5	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
99	11	9,5	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
100	11	9,5	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
101	11	9,5	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
102	11	9,5	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
103	11	9,5	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
104	11	9,6	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
105	11	9,6	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	
106	11	9,6	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20,965	

Figura I.2 - Folha de cálculo do dimensionamento (2/15) de cabos de fileira

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I Fieira (A)	U mpo (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
107	11	9,6	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	148,770
108	11	9,6	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
109	11	9,6	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
110	11	9,6	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
111	11	9,6	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	148,770
112	11	9,6	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
113	11	9,7	1	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	
114	11	9,7	2	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	
115	11	9,7	3	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	148,770
116	11	9,7	4	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
117	11	9,7	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
118	11	9,7	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
119	11	9,7	7	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	148,770
120	11	9,7	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
121	11	9,7	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
122	11	10	1	101	8,23	729,6	4,969	6,0	ZZF (AS) 6mm²	6	40,720	
123	11	10	2	50	8,23	729,6	2,014	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,159	187,072
124	11	10	3	50	8,23	729,6	2,014	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,159	
125	11	10	4	50	8,23	729,6	2,014	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,159	
126	11	10	5	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
127	11	10	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	187,072
128	11	10	7	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
129	11	10	8	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
130	11	10	9	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
131	11	10	10	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	197,151
132	11	11	1	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
133	11	11	2	58	8,23	729,6	2,337	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	23,384	
134	11	11	3	60	8,23	729,6	2,417	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	24,190	
135	11	11	4	62	8,23	729,6	2,498	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	24,997	197,151
136	11	11	5	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	
137	11	11	6	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
138	11	11	7	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
139	11	11	8	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	326,569
140	11	11	9	46	8,23	729,6	1,853	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,546	
141	11	11	10	46	8,23	729,6	1,853	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,546	
142	11	11	11	46	8,23	729,6	1,853	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,546	
143	11	13	1	138	8,23	729,6	5,560	6,0	ZZF (AS) 6mm²	6	55,638	326,569
144	11	13	2	101	8,23	729,6	4,969	6,0	ZZF (AS) 6mm²	6	40,720	
145	11	13	3	101	8,23	729,6	4,969	6,0	ZZF (AS) 6mm²	6	40,720	
146	11	13	4	101	8,23	729,6	4,969	6,0	ZZF (AS) 6mm²	6	40,720	
147	11	13	5	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	326,569
148	11	13	6	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	
149	11	13	7	52	8,23	729,6	2,095	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	20,965	
150	11	13	8	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
151	11	13	9	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	326,569
152	11	13	10	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	9,676	
153	11	13	11	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
154	11	13	12	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	
155	11	13	13	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZF (AS) 6mm²	6	18,949	TOTAL
156											2591,993	

Figura I.3 - Folha de cálculo do dimensionamento (3/15) de cabos de fileira

3	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
4	Inversor n.º	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Filtra (A)	U Imp (V)	Calculo da Secção pelo método da queda de tensão (mm²)	Secção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Secção (mm²)			PM (W)	PM (W) por Casa de Junção
160	1.2	7.1	1	58	8.23	729.6	2.337	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			23.384	
161	1.2	7.1	2	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
162	1.2	7.1	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
163	1.2	7.1	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	98.374
164	1.2	7.1	5	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
165	1.2	7.1	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
166	1.2	7.1	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
167	1.2	7.2	1	58	8.23	729.6	2.337	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			23.384	
168	1.2	7.2	2	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
169	1.2	7.2	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	98.374
170	1.2	7.2	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
171	1.2	7.2	5	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
172	1.2	7.2	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
173	1.2	7.2	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
174	1.2	8.1	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	Zz F (A3) 6mm2	6			30.338	
175	1.2	8.1	2	58	8.23	729.6	2.337	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			23.384	
176	1.2	8.1	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
177	1.2	8.1	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
178	1.2	8.1	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	128.612
179	1.2	8.1	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
180	1.2	8.1	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
181	1.2	8.1	8	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
182	1.2	8.2	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	Zz F (A3) 6mm2	6			30.338	
183	1.2	8.2	2	58	8.23	729.6	2.337	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			23.384	
184	1.2	8.2	3	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
185	1.2	8.2	4	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	
186	1.2	8.2	5	23	8.23	729.6	0.927	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.273	128.612
187	1.2	8.2	6	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
188	1.2	8.2	7	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
189	1.2	8.2	8	39	8.23	729.6	1.571	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			15.724	
190	1.2	9.1	1	52	8.23	729.6	2.095	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.965	
191	1.2	9.1	2	52	8.23	729.6	2.095	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.965	
192	1.2	9.1	3	52	8.23	729.6	2.095	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.965	
193	1.2	9.1	4	24	8.23	729.6	0.967	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.676	148.770
194	1.2	9.1	5	24	8.23	729.6	0.967	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.676	
195	1.2	9.1	6	24	8.23	729.6	0.967	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.676	
196	1.2	9.1	7	47	8.23	729.6	1.893	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			18.949	
197	1.2	9.1	8	47	8.23	729.6	1.893	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			18.949	
198	1.2	9.1	9	47	8.23	729.6	1.893	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			18.949	
199	1.2	9.2	1	52	8.23	729.6	2.095	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.965	
200	1.2	9.2	2	52	8.23	729.6	2.095	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.965	
201	1.2	9.2	3	52	8.23	729.6	2.095	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.965	
202	1.2	9.2	4	24	8.23	729.6	0.967	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.676	148.770
203	1.2	9.2	5	24	8.23	729.6	0.967	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.676	
204	1.2	9.2	6	24	8.23	729.6	0.967	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			9.676	
205	1.2	9.2	7	47	8.23	729.6	1.893	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			18.949	
206	1.2	9.2	8	47	8.23	729.6	1.893	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			18.949	
207	1.2	9.2	9	47	8.23	729.6	1.893	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			18.949	
208	1.2	10	1	101	8.23	729.6	4.069	6.0	Zz F (A3) 6mm2	6			40.720	
209	1.2	10	2	50	8.23	729.6	2.014	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.139	
210	1.2	10	3	50	8.23	729.6	2.014	2.5	Zz F (A3) 6mm2	6			20.139	

Figura I.4 - Folha de cálculo do dimensionamento (4/15) de cabos de fileira

3	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
4	Inversor n°:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I (feir) (A)	U (V)	Calculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo instalado	Seção (mm²)			PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
211	1.2	10	4	50	8.23	729.6	2.014	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			20.159	
212	1.2	10	5	24	8.23	729.6		2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			9.676	
213	1.2	10	6	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			9.676	187.072
214	1.2	10	7	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			9.676	
215	1.2	10	8	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			18.949	
216	1.2	10	9	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			18.949	
217	1.2	10	10	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			18.949	
218	1.2	12.1	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
219	1.2	12.1	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
220	1.2	12.1	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
221	1.2	12.1	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
222	1.2	12.1	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
223	1.2	12.1	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
224	1.2	12.1	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	238.275
225	1.2	12.1	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
226	1.2	12.1	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
227	1.2	12.1	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
228	1.2	12.1	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
229	1.2	12.1	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
230	1.2	12.2	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
231	1.2	12.2	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
232	1.2	12.2	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
233	1.2	12.2	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
234	1.2	12.2	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
235	1.2	12.2	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
236	1.2	12.2	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	238.275
237	1.2	12.2	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
238	1.2	12.2	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
239	1.2	12.2	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
240	1.2	12.2	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
241	1.2	12.2	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
242	1.2	12.3	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
243	1.2	12.3	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
244	1.2	12.3	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
245	1.2	12.3	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
246	1.2	12.3	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
247	1.2	12.3	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
248	1.2	12.3	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	238.275
249	1.2	12.3	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
250	1.2	12.3	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
251	1.2	12.3	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
252	1.2	12.3	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
253	1.2	12.3	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			28.625	
254	1.2	12.4	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
255	1.2	12.4	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
256	1.2	12.4	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZF (AS) 6mm²	6			30.238	
257	1.2	12.4	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
258	1.2	12.4	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
259	1.2	12.4	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.482	
260	1.2	12.4	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	238.275
261	1.2	12.4	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	
262	1.2	12.4	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZF (AS) 6mm²	6			10.079	

Figura I.5 - Folha de cálculo do dimensionamento (5/15) de cabos de fileira

3	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Inversor n.º	W de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Fileira (A)	U nosp (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo instalado	Seção (mm²)			PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4														
262	1.2	12.4	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
263	1.2	12.4	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
264	1.2	12.4	11	4.0	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
265	1.2	12.4	12	71	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
266	1.2	12.5	1	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
267	1.2	12.5	2	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
268	1.2	12.5	3	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
269	1.2	12.5	4	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
270	1.2	12.5	5	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
271	1.2	12.5	6	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
272	1.2	12.5	7	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
273	1.2	12.5	8	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
274	1.2	12.5	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
275	1.2	12.5	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
276	1.2	12.5	11	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
277	1.2	12.5	12	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
278	1.2	12.6	1	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
279	1.2	12.6	2	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
280	1.2	12.6	3	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
281	1.2	12.6	4	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
282	1.2	12.6	5	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
283	1.2	12.6	6	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
284	1.2	12.6	7	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
285	1.2	12.6	8	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
286	1.2	12.6	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
287	1.2	12.6	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
288	1.2	12.6	11	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
289	1.2	12.7	1	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
290	1.2	12.7	2	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
291	1.2	12.7	3	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
292	1.2	12.7	4	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
293	1.2	12.7	5	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
294	1.2	12.7	6	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
295	1.2	12.7	7	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
296	1.2	12.7	8	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
297	1.2	12.7	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
298	1.2	12.7	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
299	1.2	12.7	11	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
300	1.2	12.7	12	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
301	1.2	12.7	1	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
302	1.2	12.8	2	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
303	1.2	12.8	3	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			30,238	
304	1.2	12.8	4	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
305	1.2	12.8	5	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
306	1.2	12.8	6	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,482	
307	1.2	12.8	7	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
308	1.2	12.8	8	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
309	1.2	12.8	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6			10,079	
310	1.2	12.8	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
311	1.2	12.8	11	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
312	1.2	12.8	12	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	
313	1.2	12.8	1	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6			28,625	

Figura I.6 - Folha de cálculo do dimensionamento (6/15) de cabos de fileira

3	Inversor n°	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I (A)	U msp (V)	Cálculo da Secção pelo método da queda de tensão (mm²)	Secção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Secção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
313	1.2	12.8	12	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	
314												
315												
316	TOTAL											
317												
318	2.1	11.1	1	82	8.23	729.6	3,003	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	33,060	
319	2.1	11.1	2	65	8.23	729.6	2,619	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	26,206	
320	2.1	11.1	3	24	8.23	729.6	0,967	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	9,676	
321	2.1	11.1	4	24	8.23	729.6	0,967	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	9,676	
322	2.1	11.1	5	24	8.23	729.6	0,967	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	9,676	
323	2.1	11.1	6	35	8.23	729.6	1,410	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	14,111	232,227
324	2.1	11.1	7	35	8.23	729.6	1,410	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	14,111	
325	2.1	11.1	8	35	8.23	729.6	1,410	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	14,111	
326	2.1	11.1	9	84	8.23	729.6	3,384	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	33,866	
327	2.1	11.1	10	84	8.23	729.6	3,384	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	33,866	
328	2.1	11.1	11	84	8.23	729.6	3,384	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	33,866	
329	2.1	11.2	1	68	8.23	729.6	2,739	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	27,416	
330	2.1	11.2	2	52	8.23	729.6	2,095	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	20,965	
331	2.1	11.2	3	24	8.23	729.6	0,967	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	9,676	
332	2.1	11.2	4	24	8.23	729.6	0,967	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	9,676	
333	2.1	11.2	5	24	8.23	729.6	0,967	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	9,676	
334	2.1	11.2	6	46	8.23	729.6	1,853	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	18,546	247,951
335	2.1	11.2	7	46	8.23	729.6	1,853	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	18,546	
336	2.1	11.2	8	46	8.23	729.6	1,853	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	18,546	
337	2.1	11.2	9	95	8.23	729.6	3,827	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	38,301	
338	2.1	11.2	10	95	8.23	729.6	3,827	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	38,301	
339	2.1	11.2	11	95	8.23	729.6	3,827	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	38,301	
340	2.1	12.1	1	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	30,238	
341	2.1	12.1	2	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	30,238	
342	2.1	12.1	3	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	30,238	
343	2.1	12.1	4	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,482	
344	2.1	12.1	5	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,482	
345	2.1	12.1	6	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,482	
346	2.1	12.1	7	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,079	238,275
347	2.1	12.1	8	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,079	
348	2.1	12.1	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,079	
349	2.1	12.1	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	
350	2.1	12.1	11	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	
351	2.1	12.1	12	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	
352	2.1	12.2	1	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	30,238	
353	2.1	12.2	2	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	30,238	
354	2.1	12.2	3	75	8.23	729.6	3,021	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	30,238	
355	2.1	12.2	4	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,482	
356	2.1	12.2	5	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,482	
357	2.1	12.2	6	26	8.23	729.6	1,047	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,482	
358	2.1	12.2	7	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,079	238,275
359	2.1	12.2	8	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,079	
360	2.1	12.2	9	25	8.23	729.6	1,007	2.5	ZZ F (AS) enm2	6	10,079	
361	2.1	12.2	10	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	
362	2.1	12.2	11	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	
363	2.1	12.2	12	71	8.23	729.6	2,860	4.0	ZZ F (AS) enm2	6	28,625	

Figura I.7 - Folha de cálculo do dimensionamento (7/15) de cabos de fileira

Inversor n.º	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
3	4	W de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I (A)	U _{mpp} (V)	Cálculo da Secção pelo método da queda de tensão (mm²)	Secção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Secção (mm²)			PM (W)	PM (W) por Caixa de Junção
364	2.1	12.3	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	238,275
365	2.1	12.3	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
366	2.1	12.3	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
367	2.1	12.3	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
368	2.1	12.3	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
369	2.1	12.3	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
370	2.1	12.3	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
371	2.1	12.3	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
372	2.1	12.3	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
373	2.1	12.3	10	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
374	2.1	12.3	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	238,275
375	2.1	12.3	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
376	2.1	12.4	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
377	2.1	12.4	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
378	2.1	12.4	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
379	2.1	12.4	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
380	2.1	12.4	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
381	2.1	12.4	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
382	2.1	12.4	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
383	2.1	12.4	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
384	2.1	12.4	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	238,275
385	2.1	12.4	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
386	2.1	12.4	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
387	2.1	12.4	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
388	2.1	12.5	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
389	2.1	12.5	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
390	2.1	12.5	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			30.238	
391	2.1	12.5	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
392	2.1	12.5	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
393	2.1	12.5	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.482	
394	2.1	12.5	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	238,275
395	2.1	12.5	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
396	2.1	12.5	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			10.079	
397	2.1	12.5	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
398	2.1	12.5	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
399	2.1	12.5	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ (AS) 6mm²	6			28.625	
400	2.1	13.1	1	138	8.23	729.6	5.560	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			55.638	
401	2.1	13.1	2	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			40.720	
402	2.1	13.1	3	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			40.720	
403	2.1	13.1	4	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			40.720	
404	2.1	13.1	5	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			20.965	336,569
405	2.1	13.1	6	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			20.965	
406	2.1	13.1	7	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			20.965	
407	2.1	13.1	8	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			9.676	
408	2.1	13.1	9	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			9.676	
409	2.1	13.1	10	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			9.676	
410	2.1	13.1	11	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			18.949	
411	2.1	13.1	12	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			18.949	
412	2.1	13.1	13	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZZ (AS) 6mm²	6			18.949	
413	2.1	13.2	1	138	8.23	729.6	5.560	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			55.638	
414	2.1	13.2	2	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			40.720	40,720
415	2.1	13.2	3	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ (AS) 6mm²	6			40.720	

Figura I.8 - Folha de cálculo do dimensionamento (8/15) de cabos de fileira

3 Inversor nº:	A	B Nº de String's na Caixa de Junção	C String's Individuais de cada Caixa de Junção	D L (m)	E I (fiação (A))	F U msp (V)	G Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	H Seção mínima standard (mm²)	I Cabo Instalado	J Seção (mm²)	K	L	M PM (W)	N PM (W) por Caixa de Junção
4.15	2.1	13.2	3	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			40.720	
4.16	2.1	13.2	4	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			40.720	
4.17	2.1	13.2	5	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			20.965	
4.18	2.1	13.2	6	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			20.965	
4.19	2.1	13.2	7	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			20.965	
4.20	2.1	13.2	8	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.676	
4.21	2.1	13.2	9	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.676	
4.22	2.1	13.2	10	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.676	
4.23	2.1	13.2	11	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			18.949	
4.24	2.1	13.2	12	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			18.949	
4.25	2.1	13.2	13	47	8.23	729.6	1.893	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			18.949	
4.26	2.1	14	1	107	8.23	729.6	4.311	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			43.139	
4.27	2.1	14	2	90	8.23	729.6	3.626	4.0	ZF F (AS) 6mm²	6			36.285	
4.28	2.1	14	3	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			16.127	
4.29	2.1	14	4	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			16.127	
4.30	2.1	14	5	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			16.127	
4.31	2.1	14	6	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			10.079	
4.32	2.1	14	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			10.079	
4.33	2.1	14	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			10.079	
4.34	2.1	14	9	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			23.384	
4.35	2.1	14	10	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			23.384	
4.36	2.1	14	11	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			23.384	
4.37	2.1	14	12	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.38	2.1	14	13	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.39	2.1	14	14	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.40	2.1	15.1	1	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.41	2.1	15.1	2	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.42	2.1	15.1	3	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.43	2.1	15.1	4	57	8.23	729.6	2.296	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			22.981	
4.44	2.1	15.1	5	57	8.23	729.6	2.296	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			22.981	
4.45	2.1	15.1	6	57	8.23	729.6	2.296	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			22.981	
4.46	2.1	15.1	7	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.273	
4.47	2.1	15.1	8	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.273	
4.48	2.1	15.1	9	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.273	
4.49	2.1	15.1	10	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			15.724	
4.50	2.1	15.1	11	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			15.724	
4.51	2.1	15.1	12	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			15.724	
4.52	2.1	15.1	13	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZF F (AS) 6mm²	6			35.882	
4.53	2.1	15.1	14	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZF F (AS) 6mm²	6			35.882	
4.54	2.1	15.1	15	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZF F (AS) 6mm²	6			35.882	
4.55	2.1	15.2	1	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.56	2.1	15.2	2	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.57	2.1	15.2	3	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZF F (AS) 6mm²	6			42.736	
4.58	2.1	15.2	4	57	8.23	729.6	2.296	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			22.981	
4.59	2.1	15.2	5	57	8.23	729.6	2.296	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			22.981	
4.60	2.1	15.2	6	57	8.23	729.6	2.296	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			22.981	
4.61	2.1	15.2	7	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.273	
4.62	2.1	15.2	8	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.273	
4.63	2.1	15.2	9	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			9.273	
4.64	2.1	15.2	10	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			15.724	
4.65	2.1	15.2	11	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			15.724	
4.66	2.1	15.2	12	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZF F (AS) 6mm²	6			15.724	

Figura I.9 - Folha de cálculo do dimensionamento (9/15) de cabos de fiação

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Fileira (A)	Umpo (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
466	2.1	15.2	12	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	15.724	
467	2.1	15.2	13	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	35.882	
468	2.1	15.2	14	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	35.882	
469	2.1	15.2	15	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	35.882	
470												
471												
472												
473	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Fileira (A)	Umpo (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
474	2.2	14.1	1	107	8.23	729.6	4.311	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	43.139	
475	2.2	14.1	2	50	8.23	729.6	3.046	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	30.485	
476	2.2	14.1	3	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	16.127	
477	2.2	14.1	4	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	16.127	
478	2.2	14.1	5	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	16.127	
479	2.2	14.1	6	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	10.079	
480	2.2	14.1	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	10.079	
481	2.2	14.1	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	10.079	
482	2.2	14.1	9	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	23.384	
483	2.2	14.1	10	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	23.384	
484	2.2	14.1	11	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	23.384	
485	2.2	14.1	12	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
486	2.2	14.1	13	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
487	2.2	14.1	14	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
488	2.2	14.2	1	107	8.23	729.6	4.311	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	43.139	
489	2.2	14.2	2	50	8.23	729.6	3.046	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	30.485	
490	2.2	14.2	3	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	16.127	
491	2.2	14.2	4	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	16.127	
492	2.2	14.2	5	40	8.23	729.6	1.611	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	16.127	
493	2.2	14.2	6	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	10.079	
494	2.2	14.2	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	10.079	
495	2.2	14.2	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	10.079	
496	2.2	14.2	9	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	23.384	
497	2.2	14.2	10	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	23.384	
498	2.2	14.2	11	58	8.23	729.6	2.337	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	23.384	
499	2.2	14.2	12	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
500	2.2	14.2	13	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
501	2.2	14.2	14	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
502	2.2	15.1	1	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
503	2.2	15.1	2	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
504	2.2	15.1	3	106	8.23	729.6	4.270	6.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	42.736	
505	2.2	15.1	4	57	8.23	729.6	2.966	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	22.981	
506	2.2	15.1	5	57	8.23	729.6	2.966	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	22.981	
507	2.2	15.1	6	57	8.23	729.6	2.966	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	22.981	
508	2.2	15.1	7	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	9.273	
509	2.2	15.1	8	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	9.273	
510	2.2	15.1	9	23	8.23	729.6	0.927	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	9.273	
511	2.2	15.1	10	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	15.724	
512	2.2	15.1	11	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	15.724	
513	2.2	15.1	12	39	8.23	729.6	1.571	2.5	ZZ F (AS) 6mm2	6	15.724	
514	2.2	15.1	13	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	35.882	
515	2.2	15.1	14	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	35.882	
516	2.2	15.1	15	89	8.23	729.6	3.585	4.0	ZZ F (AS) 6mm2	6	35.882	

Figura I.10 - Folha de cálculo do dimensionamento (10/15) de cabos de fileira

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I fileira (A)	Umpo (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
51,7	2,2	15,2	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	379,788
51,8	2,2	15,2	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
51,9	2,2	15,2	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
52,0	2,2	15,2	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
52,1	2,2	15,2	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
52,2	2,2	15,2	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
52,3	2,2	15,2	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
52,4	2,2	15,2	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
52,5	2,2	15,2	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
52,6	2,2	15,2	10	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
52,7	2,2	15,2	11	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	379,788
52,8	2,2	15,2	12	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
52,9	2,2	15,2	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
53,0	2,2	15,2	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
53,1	2,2	15,2	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
53,2	2,2	15,3	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
53,3	2,2	15,3	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
53,4	2,2	15,3	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
53,5	2,2	15,3	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
53,6	2,2	15,3	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
53,7	2,2	15,3	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	379,788
53,8	2,2	15,3	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
53,9	2,2	15,3	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
54,0	2,2	15,3	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
54,1	2,2	15,3	10	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
54,2	2,2	15,3	11	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
54,3	2,2	15,3	12	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
54,4	2,2	15,3	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
54,5	2,2	15,3	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
54,6	2,2	15,3	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
54,7	2,2	15,4	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	379,788
54,8	2,2	15,4	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
54,9	2,2	15,4	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
55,0	2,2	15,4	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
55,1	2,2	15,4	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
55,2	2,2	15,4	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
55,3	2,2	15,4	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
55,4	2,2	15,4	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
55,5	2,2	15,4	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	
55,6	2,2	15,4	10	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
55,7	2,2	15,4	11	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	379,788
55,8	2,2	15,4	12	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	15,724	
55,9	2,2	15,4	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
56,0	2,2	15,4	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
56,1	2,2	15,4	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZF (AS) 6mm²	6	35,882	
56,2	2,2	15,5	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
56,3	2,2	15,5	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
56,4	2,2	15,5	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZF (AS) 6mm²	6	42,736	
56,5	2,2	15,5	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
56,6	2,2	15,5	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	
56,7	2,2	15,5	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	22,981	379,788
56,8	2,2	15,5	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZF (AS) 6mm²	6	9,273	

Figura I.11 - Folha de cálculo do dimensionamento (11/15) de cabos de fileira

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Itieria (A)	U imp (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
568	2,2	15,5	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	379,788
569	2,2	15,5	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
570	2,2	15,5	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
571	2,2	15,5	10	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
572	2,2	15,5	11	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	379,788
573	2,2	15,5	12	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
574	2,2	15,5	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
575	2,2	15,5	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
576	2,2	15,5	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	42,736
577	2,2	15,6	1	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
578	2,2	15,6	2	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
579	2,2	15,6	3	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
580	2,2	15,6	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	379,788
581	2,2	15,6	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
582	2,2	15,6	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
583	2,2	15,6	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
584	2,2	15,6	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	15,724
585	2,2	15,6	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
586	2,2	15,6	10	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
587	2,2	15,6	11	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
588	2,2	15,6	12	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	35,882
589	2,2	15,6	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
590	2,2	15,6	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
591	2,2	15,6	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
592	2,2	15,7	1	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	42,736
593	2,2	15,7	2	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
594	2,2	15,7	3	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
595	2,2	15,7	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
596	2,2	15,7	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	379,788
597	2,2	15,7	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
598	2,2	15,7	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
599	2,2	15,7	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
600	2,2	15,7	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	15,724
601	2,2	15,7	10	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
602	2,2	15,7	11	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
603	2,2	15,7	12	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
604	2,2	15,7	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	35,882
605	2,2	15,7	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
606	2,2	15,7	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
607	2,2	15,8	1	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
608	2,2	15,8	2	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	42,736
609	2,2	15,8	3	106	8,23	729,6	4,770	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
610	2,2	15,8	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
611	2,2	15,8	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	379,788
612	2,2	15,8	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
613	2,2	15,8	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
614	2,2	15,8	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
615	2,2	15,8	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	15,724
616	2,2	15,8	10	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
617	2,2	15,8	11	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
618	2,2	15,8	12	39	8,23	729,6	1,971	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
619	2,2	15,8	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	

Figura I.12 - Folha de cálculo do dimensionamento (12/15) de cabos de fileira

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I fileira (A)	U mpp (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
619	2.2	15.8	13	89	8.23	725.6	3.385	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	35.882	
620	2.2	15.8	14	89	8.23	725.6	3.385	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	35.882	
621	2.2	15.8	15	89	8.23	725.6	3.385	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	35.882	
622												
623												
624												
625												
626	3.1	8	1	75	8.23	725.6	3.021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	30.238	
627	3.1	8	2	58	8.23	725.6	2.337	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	23.384	
628	3.1	8	3	23	8.23	725.6	0.927	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.273	
629	3.1	8	4	23	8.23	725.6	0.927	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.273	
630	3.1	8	5	23	8.23	725.6	0.927	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.273	
631	3.1	8	6	39	8.23	725.6	1.571	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	15.724	
632	3.1	8	7	39	8.23	725.6	1.571	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	15.724	
633	3.1	8	8	39	8.23	725.6	1.571	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	15.724	
634	3.1	9	1	52	8.23	725.6	2.095	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	20.965	
635	3.1	9	2	52	8.23	725.6	2.095	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	20.965	
636	3.1	9	3	52	8.23	725.6	2.095	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	20.965	
637	3.1	9	4	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
638	3.1	9	5	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
639	3.1	9	6	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
640	3.1	9	7	47	8.23	725.6	1.893	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	18.949	
641	3.1	9	8	47	8.23	725.6	1.893	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	18.949	
642	3.1	9	9	47	8.23	725.6	1.893	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	18.949	
643	3.1	11.1	1	104	8.23	725.6	4.190	6.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	41.930	
644	3.1	11.1	2	89	8.23	725.6	3.385	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	35.882	
645	3.1	11.1	3	40	8.23	725.6	1.611	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	16.127	
646	3.1	11.1	4	40	8.23	725.6	1.611	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	16.127	
647	3.1	11.1	5	40	8.23	725.6	1.611	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	16.127	
648	3.1	11.1	6	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
649	3.1	11.1	7	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
650	3.1	11.1	8	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
651	3.1	11.1	9	57	8.23	725.6	2.296	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	22.981	
652	3.1	11.1	10	57	8.23	725.6	2.296	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	22.981	
653	3.1	11.1	11	57	8.23	725.6	2.296	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	22.981	
654	3.1	11.2	1	94	8.23	725.6	3.787	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	37.898	
655	3.1	11.2	2	77	8.23	725.6	3.021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	31.044	
656	3.1	11.2	3	26	8.23	725.6	1.047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	10.482	
657	3.1	11.2	4	26	8.23	725.6	1.047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	10.482	
658	3.1	11.2	5	26	8.23	725.6	1.047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	10.482	
659	3.1	11.2	6	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
660	3.1	11.2	7	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
661	3.1	11.2	8	24	8.23	725.6	0.967	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	9.676	
662	3.1	11.2	9	70	8.23	725.6	2.820	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	28.222	
663	3.1	11.2	10	70	8.23	725.6	2.820	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	28.222	
664	3.1	11.2	11	70	8.23	725.6	2.820	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	28.222	
665	3.1	12.1	1	75	8.23	725.6	3.021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	30.238	
666	3.1	12.1	2	75	8.23	725.6	3.021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	30.238	
667	3.1	12.1	3	75	8.23	725.6	3.021	4.0	ZZ F (A3) 6mm2	6	30.238	
668	3.1	12.1	4	26	8.23	725.6	1.047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	10.482	
669	3.1	12.1	5	26	8.23	725.6	1.047	2.5	ZZ F (A3) 6mm2	6	10.482	
TOTAL												

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	Itens (A)	U imp (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
670	3.1	12.1	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	238.275
671	3.1	12.1	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
672	3.1	12.1	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
673	3.1	12.1	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
674	3.1	12.1	10	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
675	3.1	12.1	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
676	3.1	12.1	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
677	3.1	12.2	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
678	3.1	12.2	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
679	3.1	12.2	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
680	3.1	12.2	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
681	3.1	12.2	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
682	3.1	12.2	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
683	3.1	12.2	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
684	3.1	12.2	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
685	3.1	12.2	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
686	3.1	12.2	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
687	3.1	12.2	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
688	3.1	12.2	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
689	3.1	12.3	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
690	3.1	12.3	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
691	3.1	12.3	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
692	3.1	12.3	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
693	3.1	12.3	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
694	3.1	12.3	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
695	3.1	12.3	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
696	3.1	12.3	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
697	3.1	12.3	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
698	3.1	12.3	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
699	3.1	12.3	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
700	3.1	12.3	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
701	3.1	12.4	1	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
702	3.1	12.4	2	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
703	3.1	12.4	3	75	8.23	729.6	3.021	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	30.238	
704	3.1	12.4	4	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
705	3.1	12.4	5	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
706	3.1	12.4	6	26	8.23	729.6	1.047	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.482	
707	3.1	12.4	7	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
708	3.1	12.4	8	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
709	3.1	12.4	9	25	8.23	729.6	1.007	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	10.079	
710	3.1	12.4	10	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
711	3.1	12.4	11	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
712	3.1	12.4	12	71	8.23	729.6	2.860	4.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	28.625	
713	3.1	13	1	138	8.23	729.6	5.560	6.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	55.638	
714	3.1	13	2	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	40.720	
715	3.1	13	3	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	40.720	
716	3.1	13	4	101	8.23	729.6	4.069	6.0	ZZ F (AS) 6mm²	6	40.720	
717	3.1	13	5	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20.965	
718	3.1	13	6	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20.965	
719	3.1	13	7	52	8.23	729.6	2.095	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	20.965	
720	3.1	13	8	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.676	
721	3.1	13	9	24	8.23	729.6	0.967	2.5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9.676	

Figura I.14 - Folha de cálculo do dimensionamento (14/15) de cabos de fileira

3	Inversor nº:	Nº de String's na Caixa de Junção	String's Individuais de cada Caixa de Junção	L (m)	I fileira (A)	U mpo (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	PMI (W)	PMI (W) por Caixa de Junção
4												
721	3.1	13	9	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
722	3.1	13	10	24	8,23	729,6	0,967	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,676	
723	3.1	13	11	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
724	3.1	13	12	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
725	3.1	13	13	47	8,23	729,6	1,893	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	18,949	
726	3.1	15.1	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
727	3.1	15.1	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
728	3.1	15.1	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
729	3.1	15.1	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
730	3.1	15.1	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
731	3.1	15.1	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
732	3.1	15.1	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
733	3.1	15.1	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
734	3.1	15.1	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
735	3.1	15.1	10	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
736	3.1	15.1	11	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
737	3.1	15.1	12	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
738	3.1	15.1	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
739	3.1	15.1	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
740	3.1	15.1	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
741	3.1	15.2	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
742	3.1	15.2	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
743	3.1	15.2	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
744	3.1	15.2	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
745	3.1	15.2	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
746	3.1	15.2	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
747	3.1	15.2	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
748	3.1	15.2	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
749	3.1	15.2	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
750	3.1	15.2	10	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
751	3.1	15.2	11	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
752	3.1	15.2	12	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
753	3.1	15.2	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
754	3.1	15.2	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
755	3.1	15.2	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
756	3.1	15.3	1	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
757	3.1	15.3	2	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
758	3.1	15.3	3	106	8,23	729,6	4,270	6,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	42,736	
759	3.1	15.3	4	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
760	3.1	15.3	5	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
761	3.1	15.3	6	57	8,23	729,6	2,296	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	22,981	
762	3.1	15.3	7	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
763	3.1	15.3	8	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
764	3.1	15.3	9	23	8,23	729,6	0,927	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	9,273	
765	3.1	15.3	10	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
766	3.1	15.3	11	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
767	3.1	15.3	12	39	8,23	729,6	1,571	2,5	ZZ F (AS) 6mm²	6	15,724	
768	3.1	15.3	13	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
769	3.1	15.3	14	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
770	3.1	15.3	15	89	8,23	729,6	3,585	4,0	ZZ F (AS) 6mm²	6	35,882	
771												
772												
773												
774												
											TOTAL	3134,662
											TOTAL (S INV)	15765,220
											em %	0,35029

Figura I.14 - Folha de cálculo do dimensionamento (15/15) de cabos de fileira

Anexos II

Inversor	Cabo de Junção Nº	String's existentes na Caixa de Junção	Distância entre Caixa de Junção e Inversor L (m)	Fila (A)	U _{mpo} (V)	Cálculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm²)	Seção mínima standard (mm²)	Cabo Instalado	Seção (mm²)	Fusível (A)	Potência Perdas (W)	Potência Perdas (%)	Norma UTE 15.105.1	
													Má. Queda de Tensão Cabo Principal para seção escolhida (mV)	Má. Queda de Tensão Cabo Principal (%)
1.1	7.1	7	112	57,61	729,6	52,356	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	145,772	0,347	3443,366	0,445
1.1	7.2	7	101	57,61	729,6	46,912	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	131,455	0,313	2924,821	0,401
1.1	8.1	8	80	65,84	729,6	42,466	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	154,697	0,332	3011,697	0,413
1.1	8.2	8	69	65,84	729,6	36,627	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	135,997	0,283	2847,646	0,383
1.1	8.3	8	58	65,84	729,6	30,788	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	117,297	0,244	2383,595	0,313
1.1	8.4	8	48	65,84	729,6	25,480	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	98,598	0,205	1913,543	0,263
1.1	8.5	8	38	65,84	729,6	20,090	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	81,598	0,170	1588,588	0,218
1.1	9.1	9	181	74,07	729,6	108,090	120,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	388,424	0,721	6739,086	0,924
1.1	9.2	9	170	74,07	729,6	101,521	120,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	365,758	0,677	6329,528	0,868
1.1	9.3	9	159	74,07	729,6	94,952	120,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	344,091	0,634	5919,971	0,811
1.1	9.4	9	148	74,07	729,6	88,383	120,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	318,424	0,590	5510,413	0,755
1.1	9.5	9	137	74,07	729,6	81,814	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	294,758	0,546	5100,855	0,699
1.1	9.6	9	126	74,07	729,6	75,245	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	271,091	0,502	4691,298	0,643
1.1	9.7	9	117	74,07	729,6	69,671	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	251,727	0,466	4356,205	0,597
1.1	10	10	203	82,3	729,6	134,698	150,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	337,004	0,562	5925,381	0,812
1.1	11	11	214	90,53	729,6	156,197	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	423,871	0,651	6871,106	0,942
1.1	13	13	322	106,99	729,6	165,619	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	538,676	0,691	7285,591	0,999
1.2	7.1	7	32	57,61	729,6	14,863	35,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	41,649	0,099	916,676	0,127
1.2	7.2	7	43	57,61	729,6	19,973	35,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	55,966	0,133	1245,221	0,171
1.2	8.1	8	54	65,84	729,6	28,665	35,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	91,798	0,191	1787,161	0,245
1.2	8.2	8	65	65,84	729,6	34,504	35,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	110,498	0,230	2151,212	0,305
1.2	9.1	9	76	74,07	729,6	45,386	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	163,515	0,303	2829,672	0,388
1.2	9.2	9	87	74,07	729,6	51,955	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	187,182	0,347	3329,229	0,444
1.2	10	10	99	82,3	729,6	65,027	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	125	260,307	0,434	4054,208	0,556
1.2	11.1	11	112	98,76	729,6	89,180	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	428,391	0,595	5560,056	0,762
1.2	11.2	12	123	98,76	729,6	97,938	120,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	470,465	0,653	6106,133	0,837
1.2	11.3	12	134	98,76	729,6	106,697	120,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	513,539	0,712	6652,210	0,912
1.2	12.4	12	145	98,76	729,6	115,656	145	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	554,613	0,770	7198,287	0,987
1.2	12.5	12	156	98,76	729,6	124,214	150,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	372,929	0,518	5464,193	0,749
1.2	12.6	12	167	98,76	729,6	133,973	150,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	399,226	0,554	5849,489	0,802
1.2	12.7	12	177	98,76	729,6	140,936	150,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	423,131	0,588	6199,758	0,850
1.2	12.8	12	188	98,76	729,6	149,694	150,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	449,428	0,624	6585,053	0,903
2.1	11.1	11	121	90,53	729,6	88,317	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	388,893	0,589	5506,276	0,755
2.1	11.2	11	112	90,53	729,6	81,748	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	359,967	0,545	5066,718	0,699
2.1	12.1	12	222	98,76	729,6	176,767	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	530,707	0,737	7775,967	1,066
2.1	12.2	12	213	98,76	729,6	169,600	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	509,192	0,707	7460,725	1,023
2.1	12.3	12	203	98,76	729,6	161,638	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	485,286	0,674	7110,457	0,975
2.1	12.4	12	83	98,76	729,6	66,088	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	317,468	0,441	4120,399	0,565
2.1	12.5	12	63	98,76	729,6	50,164	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	240,970	0,335	3127,532	0,429
2.1	13.1	13	103	106,99	729,6	88,848	90,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	160	288,977	0,370	3908,416	0,536
2.1	13.2	13	73	106,99	729,6	62,970	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	160	327,694	0,420	3925,962	0,538
2.1	14	14	93	115,22	729,6	86,393	90,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	200	302,607	0,360	3800,416	0,521
2.1	15.1	15	193	123,45	729,6	192,094	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	200	720,907	0,801	8450,235	1,158
2.1	15.2	15	183	123,45	729,6	181,141	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	200	683,554	0,760	8012,399	1,098
2.2	14.1	14	56	115,22	729,6	52,021	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	200	291,544	0,347	3443,366	0,445
2.2	14.2	14	66	115,22	729,6	61,311	90,0	A 0,6 / J/VV 1x150mm²	150	200	343,605	0,409	3821,539	0,524
2.2	15.1	15	174	123,45	729,6	173,184	240,0	A 0,6 / J/VV 1x240mm²	240	200	649,937	0,722	7618,346	1,044

Figura II.1 - Folha de cálculo do dimensionamento (1/2) dos cabos principais BT DC

1.2	8.1	8	54	65.84	729.6	28.665	35.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	91.798	0.191	1787.161	0.045
1.2	8.2	8	65	65.84	729.6	34.504	35.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	110.498	0.230	2151.212	0.095
1.2	9.1	9	76	74.07	729.6	45.986	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	163.515	0.303	2829.672	0.388
1.2	9.2	9	87	74.07	729.6	51.955	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	187.182	0.347	3239.229	0.444
1.2	10	10	98	82.3	729.6	65.027	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	260.307	0.434	4054.208	0.556
1.2	11	11	112	98.76	729.6	89.180	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	428.391	0.595	5560.056	0.762
1.2	12	12	123	98.76	729.6	106.937	120.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	470.465	0.653	6106.133	0.837
1.2	12.1	12	134	98.76	729.6	124.214	120.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	512.539	0.712	6652.110	0.912
1.2	12.2	12	145	98.76	729.6	115.456	120.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	554.613	0.770	7198.287	0.987
1.2	12.3	12	156	98.76	729.6	124.214	150.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	572.929	0.518	5464.133	0.749
1.2	12.6	12	167	98.76	729.6	132.973	150.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	599.226	0.554	5949.489	0.802
1.2	12.7	12	177	98.76	729.6	140.936	150.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	623.131	0.588	6190.758	0.850
1.2	12.8	12	188	98.76	729.6	149.694	150.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	649.428	0.624	6385.053	0.903
2.1	11.1	11	121	90.53	729.6	88.317	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	388.893	0.589	5506.276	0.755
2.1	11.2	11	112	90.53	729.6	81.748	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	359.967	0.545	5096.718	0.699
2.1	12.1	12	222	98.76	729.6	176.767	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	530.707	0.737	7775.967	1.066
2.1	12.2	12	213	98.76	729.6	169.600	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	509.192	0.707	7460.725	1.023
2.1	12.3	12	203	98.76	729.6	161.638	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	485.286	0.674	7110.457	0.975
2.1	12.4	12	83	98.76	729.6	66.088	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	317.468	0.441	4120.399	0.565
2.1	12.5	12	63	98.76	729.6	50.164	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	240.970	0.335	3127.532	0.429
2.1	13.1	13	103	106.99	729.6	88.848	90.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	160	388.977	0.370	3908.416	0.536
2.1	13.2	13	73	106.99	729.6	62.970	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	327.694	0.240	3925.962	0.338
2.1	14	14	93	115.22	729.6	86.993	90.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	302.607	0.360	3800.416	0.521
2.1	15.1	15	193	123.45	729.6	192.094	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	720.907	0.801	8450.235	1.158
2.1	15.2	15	183	123.45	729.6	182.141	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	683.554	0.760	8012.399	1.098
2.2	14.1	14	56	115.22	729.6	52.021	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	391.544	0.347	3243.366	0.445
2.2	14.2	14	66	115.22	729.6	61.311	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	343.605	0.409	3822.339	0.524
2.2	15.1	15	174	123.45	729.6	173.184	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	649.937	0.722	7618.346	1.044
2.2	15.2	15	178	123.45	729.6	177.165	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	664.878	0.739	7793.481	1.068
2.2	15.3	15	188	123.45	729.6	187.118	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	702.231	0.780	8231.317	1.128
2.2	15.4	15	198	123.45	729.6	197.071	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	739.584	0.822	8669.153	1.188
2.2	15.5	15	76	123.45	729.6	75.643	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	454.209	0.505	4716.119	0.646
2.2	15.6	15	208	123.45	729.6	207.024	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	776.596	0.863	9106.989	1.248
2.2	15.7	15	85	123.45	729.6	84.601	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	507.997	0.564	5274.607	0.723
2.2	15.8	15	218	123.45	729.6	216.977	240.0	Al 0.6 / JV 1x240mm2	240	200	814.289	0.905	9544.825	1.308
3.1	8	8	76	65.84	729.6	40.343	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	129.197	0.269	2515.264	0.345
3.1	9	9	162	74.07	729.6	96.744	120.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	125	348.546	0.645	6031.668	0.827
3.1	11.1	11	66	90.53	729.6	48.173	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	212.124	0.321	3003.423	0.412
3.1	11.2	11	138	90.53	729.6	100.725	120.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	443.531	0.672	6279.885	0.861
3.1	12.1	12	178	98.76	729.6	141.732	150.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	240	160	425.522	0.591	6234.785	0.855
3.1	12.2	12	163	98.76	729.6	129.788	150.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	240	160	389.663	0.541	5709.381	0.783
3.1	12.3	12	172	98.76	729.6	136.954	150.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	240	160	411.179	0.571	6024.623	0.826
3.1	12.4	12	152	98.76	729.6	121.029	150.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	240	160	363.367	0.505	5324.086	0.730
3.1	13	13	77	106.99	729.6	66.420	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	160	345.650	0.443	4141.084	0.568
3.1	15.1	15	68	123.45	729.6	67.881	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	406.397	0.452	4219.686	0.578
3.1	15.2	15	47	123.45	729.6	46.779	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	280.892	0.312	2916.547	0.400
3.1	15.3	15	57	123.45	729.6	56.738	90.0	Al 0.6 / JV 1x150mm2	150	200	340.657	0.379	3537.089	0.485
											TOTAL (W) em %		24124.032	0.956
											Media			0.895

Figura II.2 - Folha de cálculo do dimensionamento (2/2) dos cabos principais BT DC

Anexos III

Inversor nº:	Numero de String's	Distancia entre Inversor L e PT (m)	Un (V)	In AC (Inversor)	cos (v)	Calculo da Seção pelo método da queda de tensão (mm2)	Seção mínima	Cabo instalado	Seção (mm2)	Potencia Perdas (W)	Potencia Perdas (%)
1.1	151	9,5	360	1411	1	115,165	120,0	NSGAFOU 1x300.1,8/3kV	300	1949,97	0,215
1.2	154	14,5	360	1411	1	175,778	240,0	NSGAFOU 1x300.1,8/3kV	300	2976,28	0,322
2.1	152	9,5	360	1411	1	115,165	120,0	NSGAFOU 1x300.1,8/3kV	300	1949,97	0,214
2.2	148	14,5	360	1411	1	175,778	240,0	NSGAFOU 1x300.1,8/3kV	300	2976,28	0,335
3.1	145	9,5	360	1411	1	115,165	120,0	NSGAFOU 1x300.1,8/3kV	300	1949,97	0,224
									TOTAL em W	11802,48	
									em %	0,262	

Figura III.1 - Folha de cálculo do dimensionamento dos cabos principais BT AC

Anexos IV

A										B	C	D	E	F	G	H	I	J	K						
Instalação										Dados															
Tensão Primária U (V)										20000															
Intensidade de corrente de curto-circuito Icc (kA)										10															
Tempo de duração do curto-circuito tcc (seg)										1															
Frequência F (Hz)										50															
Queda de tensão máx. Au Máx. (%)										1															
Formulas Aplicadas:																									
Is= S/V² * U																									
K1= Coeficiente de correção 1 (Cabos enterrados)																									
K2= Coeficiente de correção 2 (2 sistemas espaçados 25cm)																									
Isc= Icc / K1 * K2																									
Isc= Icc / K1 * K2 * Icc / Icc * Icc / Icc																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									
Au= (I²cc * Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc) * (Icc / Icc)																									

A			B	C	D	E	F	G	H	J	K	R	S	T	U	V	W	X
Instalação			Dados															
Tensão Primária U (V)			20000															
Intensidade de corrente de curto-circuito Icc (kA)			10															
Tempo de duração do curto-circuito tcc (seg)			1															
Frequência f (Hz)			50															
Queda de tensão máx. do Max. (%)			1															
Formulas Aplicadas:																		
1. Is=S/(A*100)																		
2. K1=Coeficiente de correção 1 (Cabos enterrados)																		
3. K2=Coeficiente de correção 2 (2 sistemas espaçados 25cm)																		
4. Iscc=Is/(K1*K2)																		
5. Smecc=Icc*(tcc/(tcc+td))																		
6. ΔUv=I3*(lcc*(lcc/(lcc+td))+(lcc+td)*lcc)																		
7. ΔUv=ΔUv/(U*100)*100																		
8. W=2PF																		
9. Rd=R*d																		
10. Ld=L*d																		
																		</

A										B										C										D										E										F										G										H										I										J										K										L										M										N										O										P										Q										R										S										T										U										V										W										X										Y										Z										AA										AB										AC										AD										AE										AF										AG										AH										AI										AJ										AK										AL										AM										AN										AO										AP										AQ										AR										AS										AT										AU										AV										AW										AX										AY										AZ										BA										BB										BC										BD										BE										BF										BG										BH										BI										BJ										BK										BL										BM										BN										BO										BP										BQ										BR										BS										BT										BU										BV										BW										BX										BY										BZ										CA										CB										CC										CD										CE										CF										CG										CH										CI										CJ										CK										CL										CM										CN										CO										CP										CQ										CR										CS										CT										CU										CV										CW										CX										CY										CZ										DA										DB										DC										DD										DE										DF										DG										DH										DI										DJ										DK										DL										DM										DN										DO										DP										DQ										DR										DS										DT										DU										DV										DW										DX										DY										DZ										EA										EB										EC										ED										EE										EF										EG										EH										EI										EJ										EK										EL										EM										EN										EO										EP										EQ										ER										ES										ET										EU										EV										EW										EX										EY										EZ										FA										FB										FC										FD										FE										FF										FG										FH										FI										FJ										FK										FL										FM										FN										FO										FP										FQ										FR										FS										FT										FU										FV										FW										FX										FY										FZ										GA										GB										GC										GD										GE										GF										GG										GH										GI										GJ										GK										GL										GM										GN										GO										GP										GQ										GR										GS										GT										GU										GV										GW										GX										GY										GZ										HA										HB										HC										HD										HE										HF										HG										HH										HI										HJ										HK										HL										HM										HN										HO										HP										HQ										HR										HS										HT										HU										HV										HW										HX										HY										HZ										IA										IB										IC										ID										IE										IF										IG										IH										II										IJ										IK										IL										IM										IN										IO										IP										IQ										IR										IS										IT										IU										IV										IW										IX										IY										IZ										JA										JB										JC										JD										JE										JF										JG										JH										JI										JJ										JK										JL										JM										JN										JO										JP										JQ										JR										JS										JT										JU										JV										JW										JX										JY										JZ										KA										KB										KC										KD										KE										KF										KG										KH										KI										KJ										KK										KL										KM										KN										KO										KP										KQ										KR										KS										KT										KU										KV										KW										KX										KY										KZ										LA										LB										LC										LD										LE										LF										LG										LH										LI										LJ										LK										LM										LN										LO										LP										LQ										LR										LS										LT										LU										LV										LW										LX										LY										LZ										MA										MB										MC										MD										ME										MF										MG										MH										MI										MJ										MK										ML										MN										MO										MP										MQ										MR										MS										MT										MU										MV										MW										MX										MY										MZ										NA										NB										NC										ND										NE										NF										NG										NH										NI										NJ										NK										NL										NM										NO										NP										NQ										NR										NS										NT										NU										NV										NW										NX										NY										NZ										OA										OB										OC										OD										OE										OF										OG										OH										OI										OJ										OK										OL										OM										ON										OO										OP										OQ										OR										OS										OT										OU										OV										OW										OX										OY										OZ										PA										PB										PC										PD										PE										PF										PG										PH										PI										PJ										PK										PL										PM										PN										PO										PP										PQ										PR										PS										PT										PU										PV										PW										PX										PY										PZ										QA										QB										QC										QD										QE										QF										QG										QH										QI										QJ										QK										QL										QM										QN										QO										QP										QQ										QR										QS										QT										QU										QV										QW										QX										QY										QZ										RA										RB										RC										RD										RE										RF										RG										RH										RI										RJ										RK										RL										RM										RN										RO										RP										RQ										RR										RS										RT										RU										RV										RW										RX										RY										RZ										SA										SB										SC										SD										SE										SF										SG										SH										SI										SJ										SK										SL										SM										SN										SO										SP										SQ										SR										SS										ST										SU										SV										SW										SX										SY										SZ										TA										TB										TC										TD										TE										TF										TG										TH										TI										TJ										TK										TL										TM										TN										TO										TP										TQ										TR										TS										TT										TU										TV										TW										TX										TY										TZ										UA										UB										UC										UD										UE										UF										UG										UH										UI										UJ										UK										UL										UM										UN										UO										UP										UQ										UR										US										UT										UU										UV										UW										UX										UY										UZ										VA										VB										VC										VD										VE										VF										VG										VH										VI										VJ										VK										VL										VM										VN										VO										VP										VQ										VR										VS										VT										VU										VV										VW										VX										VY										VZ										WA										WB										WC										WD										WE										WF										WG										WH										WI										WJ										WK										WL										WM										WN										WO										WP										WQ										WR										WS										WT										WU										WV										WW										WX										WY										WZ										XA										XB										XC										XD										XE										XF										XG										XH										XI										XJ										XK										XL										XM										XN										XO										XP										XQ										XR										XS										XT										XU										XV										XW										XX										XY										XZ										YA										YB										YC										YD										YE										YF										YG										YH										YI										YJ										YK										YL										YM										YN										YO										YP										YQ										YR										YS										YT										YU										YV										YW										YX										YY										YZ										ZA										ZB										ZC										ZD										ZE										ZF										ZG										ZH										ZI										ZJ										ZK										ZL										ZM										ZN										ZO										ZP										ZQ										ZR										ZS										ZT										ZU										ZV										ZW										ZX										ZY										ZZ										AA										AB										AC										AD										AE										AF										AG										AH										AI										AJ										AK										AL										AM										AN										AO										AP										AQ										AR										AS										AT										AU										AV										AW										AX										AY										AZ										BA										BB										BC										BD										BE										BF										BG										BH										BI										BJ										BK										BL										BM										BN										BO										BP										BQ										BR										BS										BT										BU										BV										BW										BX										BY										BZ										CA										CB										CC										CD										CE										CF										CG										CH										CI										CJ										CK										CL										CM										CN										CO										CP										CQ										CR										CS										CT										CU										CV										CW										CX										CY										CZ										DA										DB										DC										DD										DE										DF										DG										DH										DI										DJ										DK										DL										DM										DN										DO										DP										DQ										DR										DS										DT										DU										DV										DW										DX										DY										DZ										EA										EB										EC										ED										EE										EF										EG										EH										EI										EJ										EK										EL										EM										EN										EO										EP										EQ										ER										ES										ET										EU										EV										EW										EX										EY										EZ										FA										FB										FC										FD										FE										FF										FG										FH										FI										FJ										FK										FL										FM										FN										FO										FP										FQ										FR										FS										FT										FU										FV										FW										FX										FY										FZ										GA										GB										GC										GD										GE										GF										GG										GH										GI										GJ										GK										GL										GM										GN										GO										GP										GQ										GR										GS										GT										GU										GV										GW										GX										GY										GZ										HA										HB										HC										HD										HE										HF										HG										HH										HI										HJ										HK										HL										HM										HN										HO										HP										HQ										HR										HS										HT										HU										HV										HW										HX										HY										HZ										IA										IB										IC										ID										IE										IF										IG										IH										II										IJ										IK										IL										IM										IN										IO										IP										IQ										IR										IS										IT										IU										IV										IW										IX										IY										IZ										JA										JB										JC										JD										JE										JF										JG										JH										JI										JJ										JK										JL										JM										JN										JO										JP										JQ										JR										JS										JT										JU										JV										JW										JX										JY										JZ										KA										KB										KC										KD										KE										KF										KG										KH										KI										KJ										KK										KL										KM										KN										KO										KP										KQ										KR										KS										KT										KU										KV										KW										KX										KY										KZ										LA										LB										LC										LD										LE										LF										LG										LH										LI										LJ										LK										LM										LN										LO										LP										LQ										LR										LS										LT										LU										LV										LW										LX										LY										LZ										MA										MB										MC										MD										ME										MF										MG										MH										MI										MJ										MK										ML										MN										MO										MP										MQ										MR										MS										MT										MU										MV										MW										MX										MY										MZ										NA										NB										NC										ND										NE										NF										NG										NH										NI										NJ										NK										NL										NM										NO										NP										NQ										NR										NS										NT										NU										NV										NW										NX										NY										NZ										OA										OB										OC										OD										OE										OF										OG										OH										OI										OJ										OK										OL										OM										ON										OO										OP										OQ										OR										OS										OT										OU										OV										OW										OX										OY										OZ										PA										PB										PC										PD										PE										PF										PG										PH										PI										PJ										PK										PL										PM										PN										PO										PP										PQ										PR										PS										PT										PU										PV										PW										PX										PY										PZ										QA										QB										QC										QD										QE										QF										QG										QH										QI										QJ										QK										QL										QM										QN										QO										QP										QQ										QR										QS										QT										QU										QV										QW										QX										QY										QZ										RA										RB										RC										RD										RE										RF										RG										RH										RI										RJ										RK										RL										RM										RN										RO										RP										RQ										RR										RS										RT										RU										RV										RW										RX										RY										RZ										SA										SB										SC										SD										SE										SF										SG										SH										SI										SJ										SK										SL										SM										SN										SO										SP										SQ										SR										SS										ST										SU										SV										SW										SX										SY										SZ										TA										TB										TC										TD										TE										TF										TG										TH										TI										TJ										TK										TL										TM										TN										TO										TP										TQ										TR										TS										TT										TU										TV										TW										TX										TY										TZ										UA										UB										UC										UD																			
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Anexos V

PVSYST V5.59			20/06/13	Page 1/3
Grid-Connected System: Simulation parameters				
Project : Central Fotovoltaica de Sausuere				
Geographical Site		Bordeaux	Country	France
Situation	Latitude	45.1°N	Longitude	0.3°W
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	10 m
	Albedo	0.20		
Meteo data :		Bordeaux, Synthetic Hourly data		
Simulation variant : New simulation variant1				
	Simulation date	20/06/13 17h50		
Simulation parameters				
Collector Plane Orientation		Tilt	25°	Azimuth
			0°	
Horizon		Free Horizon		
Near Shadings		No Shadings		
PV Array Characteristics				
PV module	Si-mono	Model	JKM 250M-60	
		Manufacturer	Jinkosolar	
Number of PV modules		In series	24 modules	In parallel
				750 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	18000	Unit Nom. Power
				250 Wp
Array global power		Nominal (STC)	4500 kWp	At operating cond.
				3979 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	663 V	I mpp
				6003 A
Total area		Module area	29462 m²	Cell area
				25639 m²
Inverter				
		Model	Sunny Central 800CP	
		Manufacturer	SMA	
Characteristics		Operating Voltage	583-850 V	Unit Nom. Power
				800 kW AC
Inverter pack		Number of Inverter	5 units	Total Power
				4000 kW AC
PV Array loss factors				
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)
				0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind=1 m/s.)				NOCT
				56 °C
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	1.8 mOhm	Loss Fraction
				1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction
				1.5 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction
				2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter
				0.05
User's needs : Unlimited load (grid)				

Figura V.1 - Folha de características (1/4) do sistema FV em análise

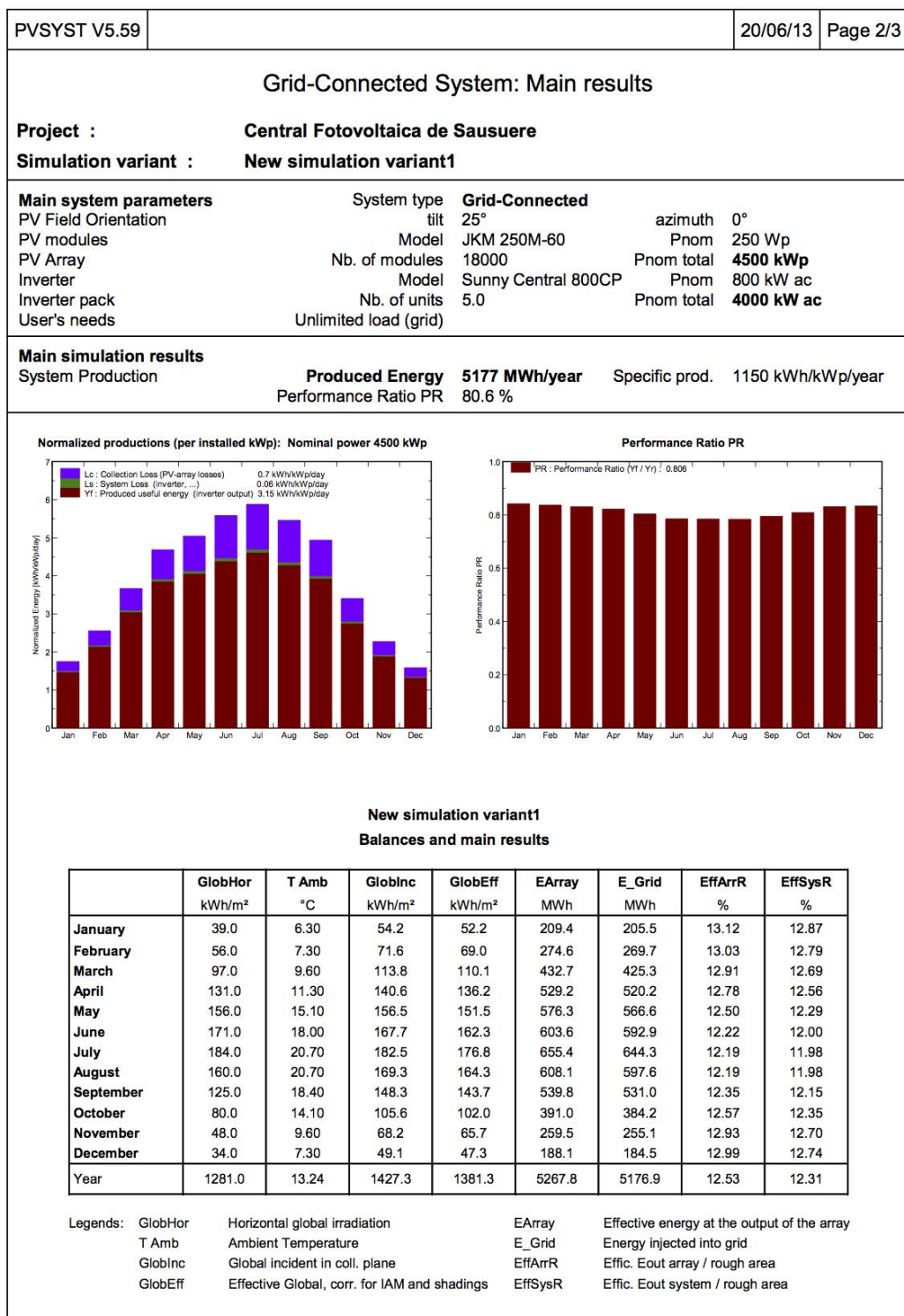


Figura V.2 - Folha de características (2/4) do sistema FV em análise

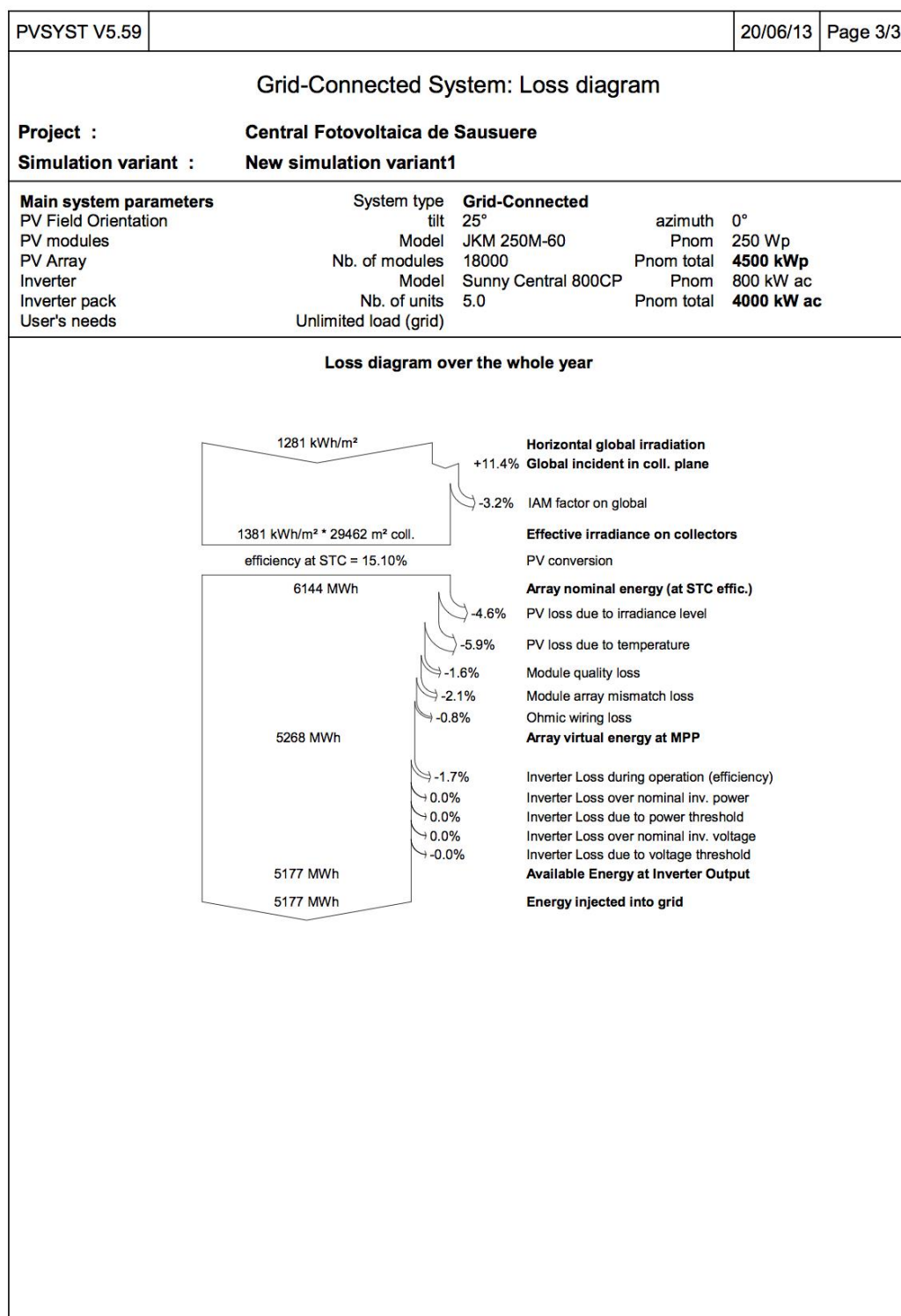


Figura V.3- Folha de características (3/4) do sistema FV em análise

PVSYST V5.59		20/06/13	Page 2/2																												
Grid-Connected System: Specific results																															
Project :		Central Fotovoltaica de Sausuere																													
Simulation variant :		New simulation variant1																													
<table><tr><td>Main system parameters</td><td>System type</td><td colspan="2">Grid-Connected</td></tr><tr><td>PV Field Orientation</td><td>tilt</td><td>25°</td><td>azimuth 0°</td></tr><tr><td>PV modules</td><td>Model</td><td>JKM 250M-60</td><td>Pnom 250 Wp</td></tr><tr><td>PV Array</td><td>Nb. of modules</td><td>18000</td><td>Pnom total 4500 kWp</td></tr><tr><td>Inverter</td><td>Model</td><td>Sunny Central 800CP</td><td>Pnom 800 kW ac</td></tr><tr><td>Inverter pack</td><td>Nb. of units</td><td>5.0</td><td>Pnom total 4000 kW ac</td></tr><tr><td>User's needs</td><td>Unlimited load (grid)</td><td></td><td></td></tr></table>				Main system parameters	System type	Grid-Connected		PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°	PV modules	Model	JKM 250M-60	Pnom 250 Wp	PV Array	Nb. of modules	18000	Pnom total 4500 kWp	Inverter	Model	Sunny Central 800CP	Pnom 800 kW ac	Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 4000 kW ac	User's needs	Unlimited load (grid)		
Main system parameters	System type	Grid-Connected																													
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°																												
PV modules	Model	JKM 250M-60	Pnom 250 Wp																												
PV Array	Nb. of modules	18000	Pnom total 4500 kWp																												
Inverter	Model	Sunny Central 800CP	Pnom 800 kW ac																												
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 4000 kW ac																												
User's needs	Unlimited load (grid)																														
New simulation variant1																															
Energy use and User's needs																															
		E_Grid																													
		kWh																													
January		205465																													
February		269710																													
March		425279																													
April		520211																													
May		566594																													
June		592914																													
July		644339																													
August		597635																													
September		530991																													
October		384222																													
November		255065																													
December		184461																													
Year		5176887																													

Legends: E_Grid Energy injected into grid

Figura V.4 - Folha de características (4/4) do sistema FV em análise

Anexos VI

Projecto: JPEE
Local de instalação: Bordeaux, France

Vista geral do projecto
Potência de pico: 924,00 kWp

Part project 2
Potência nominal CA: 800,00 kW
PV Zona A
Azimute: 0°, Inclinação: 30°
1 x SC 800CP XT
Coeficiente da potência nominal: 88 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatível
O gerador FV e o tipo do inversor são compatíveis. A relação de potência nominal (potência CC máxima do inversor dividida pela potência de pico) encontra-se no intervalo recomendado (88% - 120%).

Dados do projecto | **Sist. fotovoltaico** | Dimensionamento dos cabos | Consumo próprio | Vista geral | Assistente de edição

PV Zona A
Nome: PV Zona A
Fabricante: Jinko
Módulo fotovoltaico: JKM-250P*
Número de módulos FV: 3696
Predefin.: Potência de pico: 924,00 kWp
Alinhamento: Azimute: 0°, Inclinação: 30°
Tipo de montagem: Te... Alterar Sugestões de dimensionamento...

1 x SC 800CP XT | **Strings**
Inversor: SC 800CP XT
Número de inversores: 1
Entrada: A Gerador fotovoltaico: PV Zona A Strings: 154 Módulos FV: 24
1..170 21..24

Vista geral de Inversores

	PV Zona A 3696 / 3696	Potência de pico	Coeficiente da potência nominal	Factor de utilização da energia
1 x SC 800CP XT	154 x 24 (A)	924,00 kWp	88 %	100 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Configuração		Entrada A
Inversor:	SC 800CP XT	Gerador fotovoltaico: PV Zona A
Entradas independentes:	1	Quantidade de módulos FV (entrada): 3696
Potência máx. CC (cos φ = 1):	816,00 kW	Potência de pico (entrada): 924,00 kWp
Potência CC mín. (tensão de rede 20 kV):	535 V	Tensão FV típica: 669 V
Tensão CC máx. (FV):	1000 V	Tensão FV mín.: 620 V
Corrente máx. de CC:	1400 A	Tensão FV máx.: 988 V
		Corrente máx. do gerador FV: 1267,4 A

Vista geral do projecto
Desempenho
Ajuda

Figura VI.1 - Configuração para o Inversor 1.2 através do SMA Sunny Design

Projecto: JPEE
Local de instalação: Bordeaux, France

Vista geral do projecto
Potência de pico: 912,00 kWp

Part project 2
Potência nominal CA: 800,00 kW
PV Zona A
Azimute: 0°, Inclinação: 30°
1 x SC 800CP XT
Coeficiente da potência nominal: 89 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatível
O gerador FV e o tipo do inversor são compatíveis. A relação de potência nominal (potência CC máxima do inversor dividida pela potência de pico) encontra-se no intervalo recomendado (88% - 120%).

Dados do projecto | **Sist. fotovoltaico** | Dimensionamento dos cabos | Consumo próprio | Vista geral | Assistente de edição

PV Zona A
Nome: PV Zona A
Fabricante: Jinko
Módulo fotovoltaico: JKM-250P*
Número de módulos FV: 3648
Predefin.: Potência de pico: 912,00 kWp
Alinhamento: Azimute: 0°, Inclinação: 30°
Tipo de montagem: Te... Alterar Sugestões de dimensionamento...

1 x SC 800CP XT | **Strings**
Inversor: SC 800CP XT
Número de inversores: 1
Entrada: A Gerador fotovoltaico: PV Zona A Strings: 152 Módulos FV: 24
1..170 21..24

Vista geral de Inversores

	PV Zona A 3648 / 3648	Potência de pico	Coeficiente da potência nominal	Factor de utilização da energia
1 x SC 800CP XT	152 x 24 (A)	912,00 kWp	89 %	100 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Configuração		Entrada A
Inversor:	SC 800CP XT	Gerador fotovoltaico: PV Zona A
Entradas independentes:	1	Quantidade de módulos FV (entrada): 3648
Potência máx. CC (cos φ = 1):	816,00 kW	Potência de pico (entrada): 912,00 kWp
Potência CC mín. (tensão de rede 20 kV):	535 V	Tensão FV típica: 669 V
Tensão CC máx. (FV):	1000 V	Tensão FV mín.: 620 V
Corrente máx. de CC:	1400 A	Tensão FV máx.: 988 V
		Corrente máx. do gerador FV: 1251,0 A

Vista geral do projecto
Desempenho
Ajuda

Figura VI.2 - Configuração para o Inversor 2.1 através do SMA Sunny Design

Sunny Design - JPEE*

Ficheiro Projecto Extras Ajuda

Projecto: JPEE
Local de instalação: Bordeaux, France

Vista geral do projecto
Potência de pico: 888,00 kWp

Part project 2
Potência nominal CA: 800,00 kW
PV Zona A
Azimute: 0°; Inclinação: 30°
1 x SC 800CP XT
Coeficiente da potência nominal: 92 %

Temperatura das células
-10 ... 70 °C

Alinhamento: Azimute: 0°; Inclinação: 30°
Tipo de montagem: Te... Alterar Sugestões de dimensionamento...

Dados do projecto Sist. fotovoltaico Dimensionamento dos cabos Consumo próprio Vista geral Assistente de edição

PV Zona A

Nome: PV Zona A
Fabricante: Jinko
Módulo fotovoltaico: JKM-250P*
Número de módulos FV: 3552
Predefin.: Potência de pico: 888,00 kWp

1 x SC 800CP XT Strings

Inversor: SC 800CP XT
Número de inversores: 1

Entrada Gerador fotovoltaico Strings Módulos FV
A PV Zona A 148 X 24
1 .. 170 21 .. 24

Vista geral de inversores

	PV Zona A 3552 / 3552	Potência de pico	Coeficiente da potência nominal	Factor de utilização da energia
1 x SC 800CP XT	148 x 24 (A)	888,00 kWp	92 %	100 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

O gerador FV e o tipo do inversor são compatíveis. A relação de potência nominal (potência CC máxima do inversor dividida pela potência de pico) encontra-se no intervalo recomendado (88% - 120%).

Vista geral do projecto
Desempenho
Ajuda

Figura VI.4 - Configuração para o Inversor 2.2 através do SMA Sunny Design

Sunny Design - JPEE*

Ficheiro Projecto Extras Ajuda

Projecto: JPEE
Local de instalação: Bordeaux, France

Vista geral do projecto
Potência de pico: 870,00 kWp

Part project 2
Potência nominal CA: 800,00 kW
PV Zona A
Azimute: 0°; Inclinação: 30°
1 x SC 800CP XT
Coeficiente da potência nominal: 94 %

Temperatura das células
-10 ... 70 °C

Alinhamento: Azimute: 0°; Inclinação: 30°
Tipo de montagem: Te... Alterar Sugestões de dimensionamento...

Dados do projecto Sist. fotovoltaico Dimensionamento dos cabos Consumo próprio Vista geral Assistente de edição

PV Zona A

Nome: PV Zona A
Fabricante: Jinko
Módulo fotovoltaico: JKM-250P*
Número de módulos FV: 3480
Predefin.: Potência de pico: 870,00 kWp

1 x SC 800CP XT Strings

Inversor: SC 800CP XT
Número de inversores: 1

Entrada Gerador fotovoltaico Strings Módulos FV
A PV Zona A 145 X 24
1 .. 170 21 .. 24

Vista geral de inversores

	PV Zona A 3480 / 3480	Potência de pico	Coeficiente da potência nominal	Factor de utilização da energia
1 x SC 800CP XT	145 x 24 (A)	870,00 kWp	94 %	100 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

O gerador FV e o tipo do inversor são compatíveis. A relação de potência nominal (potência CC máxima do inversor dividida pela potência de pico) encontra-se no intervalo recomendado (88% - 120%).

Vista geral do projecto
Desempenho
Ajuda

Figura VI.5 - Configuração para o Inversor 3.1 através do SMA Sunny Design

Anexos VII

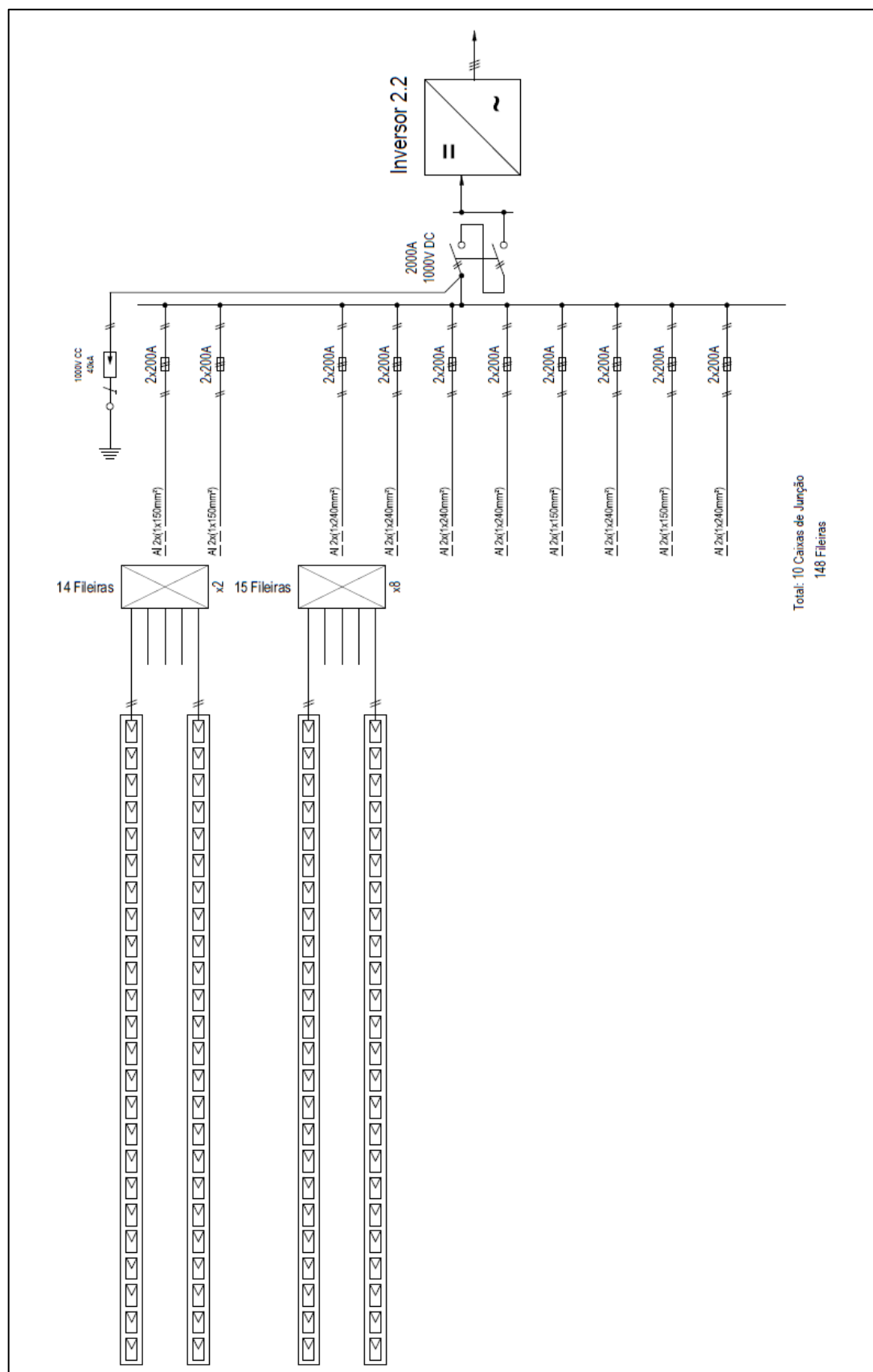


Figura VII.1 - Configuração do sistema para o Inversor 2.2

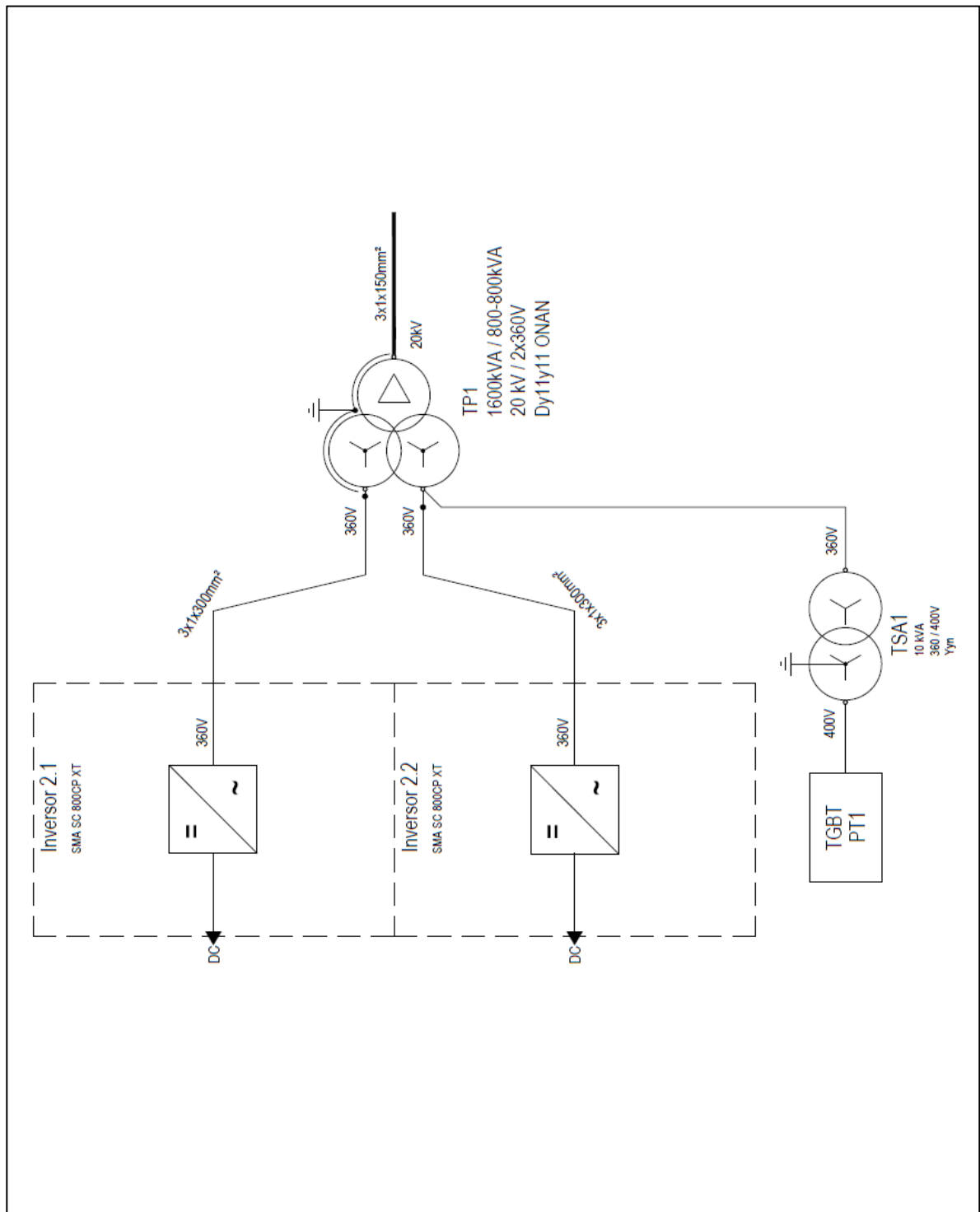


Figura VII.2 - Configuração da ligação ao transformador do Inversor 2.1 e 2.2